புதுமை பௌதிகம்

(முதல் தொகுதி)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்
ஜே. பி. ராஜம், டி.எஸ்ஸி.,

தமிழாக்கம்
ச. சம்பத்து, எம்.ஏ.,

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்— 271

புதுமை பௌதிகம்

(முதல் தொகுதி)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்
ஜே. பி. ராஜம், டி.எஸ்ஸி.,
(அணு பௌதிகம் எழுதியவர்)

தமிழாக்கம்
ச. சம்பத்து, எம்.ஏ.,
விரிவுரையாளர்,
வட்டாரப் பொறியியற் கல்லூரி,
திருச்சிராப்பள்ளி.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—October, 1971

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 271

MODERN PHYSICS (Vol. I)

J. B. RAJAM

Translation

S. SAMPATH

Net Price Rs. 8-75
(No discount)

This translation of 'Modern Physics' by J. B. Rajam, 1964 edition is published by arrangement with Messrs. S. Chand and Company, Ramnagar, New Delhi-1.

Printed by
BHARANI PRESS,
11, Venkatadri Naicken Street,
Kuyappettai, Madras-12.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்,

(தமிழகக் கல்வி—உள்ளாட்சித் துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினோராண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழி பெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாட நூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'புதுமை பௌதிகம்' (முதல் தொகுதி) என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 271ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 306 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

முதற்பதிப்பின் முன்னுரை

நம்முடைய பி.எஸ்ஸி. மாணவர்கட்கேயென எழுதப்பட்ட இந்த நூல் என்னுடைய பெரிய நூலாகிய ‘அணு பௌதிகத்தின்’ சுருங்கிய பதிப்பே. எனவே, இந் நூலுக்குரிய பொருளும் விளக்கப் படமும் மற்றதிலிருந்து பெரிதும் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டன. ஆனால், விளக்கத்தையும் பாட அமைப்பையும் பொறுத்தமட்டில் பல இந்தியப் பல்கலைக் கழகங்களின் பாடத் திட்டங்கள் கலந்தாராயப்பட்டுள்ளன. எனவே, பி,எஸ்ஸி. படிப்பில் கற்பிக்கப்படும் தலைப்புகள் யாவும் அனேகமாக இந் நூலில் உள்ளடங்கியுள்ளன. மேலும், ஒவ்வோர் அத்தியாயத்தின் முடிவிலும் பெரும்பாலும் நம்முடைய பல்கலைக் கழக பி.எஸ்ஸி. வினாத்தாள்களிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட வினாக்கள் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

நம்முடைய பட்டப்படிப்பு மாணவர்கட்கு பி.எஸ்ஸி. அளவில் கற்பிக்கப்படும் புதுமை பௌதிகப் பாடங்கள் வெளிநாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் தரத்திற்கு மிகமிகத் தாழ்ந்துள்ளதென எண்ணப்படுகிறது. மூன்றாண்டு பட்டப்படிப்பு புகுத்தப்பட்ட பின்னருங்கூட பௌதிகத்தின் இந்த முக்கியமான, சுவையான கிளையானது வெப்பம், ஒளி, மின்சாரம் போன்ற மற்றவற்றோடு ஒப்பிட மிகச்சிறிய இடத்தையே வகிக்கிறது. தகுந்த நூல் இல்லாதது இந்த நிலைக்கு ஓரளவு காரணமாக இருக்கலாம். இது உண்மையானால், நம் பட்டப்படிப்பு மாணவர்கட்கும் இந் நூலை எழுதியதன்வாயிலாக ஏதோ சிறிது சேவை செய்த மகிழ்ச்சியுறுவேன்.

தேசிய பௌதிக ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் ஆராய்ச்சித் துணையாளராகப் பணியாற்றும் திரு. R. A. பத்மநாபன் அவர்கட்கு அவர் இடைவிடாது செய்த உதவிகட்கு, குறிப்பாக அகர வரிசைப் பொருட்குறிப்புத் தயாரிப்பதில் உதவியதற்கு என் உள்ளங் கனிந்த நன்றிகள். இந் நூலை எழுதத் தூண்டியதற்கும் இதனை அழகிய செம்மையான முறையில் வெளியிட்டதற்கும் S சாந்த் கம்பெனியாருக்குப் பெரிதும் கடப்பாடுடையேன்.

செப்டம்பர், 1957

ஜே. பி. ராஜம்

மூன்றும் பதிப்பிற்கு முன்னுரை

பெரும்பான்மையான இந்தியப் பல்கலைக் கழகங்களின் பௌதிகப் பாடத் திட்டங்களைக் கலந்தாராய்ந்தும் இந் நூலைப் பயன்படுத்தியவர் வழங்கிய ஆலோசனைகளை ஏற்றும் இரண்டாம் பதிப்பினைத் தயாரித்தேன். இதன் விளைவாகச் சில குறிப்பிட்ட அத்தியாயங்கள் கணிசமான அளவு விரிவாக்கப்பட்டன. இருந்தாலும் முதற்பதிப்பில் கொடுக்கப்பட்ட எதையும் விட்டுவிட வில்லை. புதிதாகச் சேர்க்கப்பட்ட தலைப்புகளில் மிகவும் முக்கிய மானவை பின் வருமாறு: அயனிகளின் இயங்குதிறம், பொருள் களின் காந்தப் பண்புகள், ரேடியோத் தொடர்புபற்றிய அடிப் படைகள் (அதிர்வெண்ணை நிலைநிறுத்துதல், பண்பேற்றம், பரப்பும் வகைகள், அயன மண்டலம், வளிமின் குழப்பங்கள், பரப்பிகள், ஏற்பிகள், டிரான்சிஸ்டர்கள், மைக்ரோஃபோன்கள், ஒலிப்பான் கள் போன்றவை இதில் உள்ளடங்கியுள்ளன), டெம்ப்ஸ்டர், பெயின்பிரிட்ஜ், நீர் ஆகியோரின் நிறை நிறமாலை வரைவிகள், எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விலகல் பற்றிய தாம்ஸனின் சோதனை, α-துகள் சிதறல்பற்றிய ரூதர்ஃபோர்டின் கொள்கை, தொடர்ச்சி யான எக்ஸ்-கதிர் நிறமாலை, வெக்டர் அணுமாதிரியின் அடிப் படையில் ஒளி, எக்ஸ்-கதிர் ஆகிய இரு பகுதிகளிலும் நிறமாலை வரிகளின் நுண்ணமைப்பினை விளக்குதல், அணுகாந்த சுழற்றும் திறன்பற்றிய ஸ்டெர்ன், கெர்லாக் சோதனை, யுரேனியத்திற்கு மேற்பட்ட தனிமங்கள். இவை சேர்க்கப்பட்டுள்ளதால் இந் நூல் நம் பல்கலைக் கழக மாணவர்களின் பெரும்பான்மையான தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்யும் என நம்புகிறேன். எனவே, இந்தப் பதிப்பில் மேற்கொண்டு எந்த மாற்றங்களும் செய்ய வேண்டிய தேவையிருப்பதாகத் தோன்றவில்லை. இந் நூலைப் பயன்படுத்துவோரில் சிலர் தேவைகளைப் பூர்த்தி செய்வதற்காக (i) அணுக்கட்டமைப்புப் பற்றிய போரின் கொள்கையில் அணுக் கருவின் அறுதியிட்ட நிறைக்கான திருத்தம், (ii) குமிழ்க்கலம் போன்ற சில சிறு தலைப்புகள் மட்டிலும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. நூல் முற்றிலும் திருத்தியமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இந் நூலை வெளியிட்ட S. சாந்த் கம்பெனியாருக்கும், அழகிய செம்மையான முறையில் அச்சிட்டுதவிய ராஜேந்திரா அச்சகத் தாருக்கும் என்னுடைய நன்றிகளை மீண்டும் தெரிவித்துக் கொள் கின்றேன்.

மார்ச், 1964 ஜே. பி. ராஜம்

பொருளடக்கம்

புதுமை பௌதிகம்

(முதல் தொகுதி)

1. வாயுக்களின் வழியாக மின்னிறக்கம்

முன்னுரை

இந்த நூற்றுண்டின் தொடக்கத்திலிருந்து இயற்பியல் சார்ந்த அறிவியலில் தோன்றிய திறம்வாய்ந்த ஆராய்ச்சிகளும், வியத்தகு கண்டுபிடிப்புகளும் மனித வாழ்க்கையின் பல்வேறு துறைகளிலும் பல சேவைகள் புரிந்துள்ளன. எனவே, அவற்றின் முக்கியத்துவத்தைப்பற்றி எவரும் ஐயுறுவதற்கில்லை. காட்டாக, ஒளி மின்கலம், எதிர்முனைக்கதிர் ஆசிலகிராஃப், எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி முதலிய அற்புதக் கருவிகள் மனிதனின் கைத் திறனைக் கூறுகின்றன. நிலக்கரி, பெட்ரோல், மின்சாரம் இவற்றை விட மிகவும் மேம்பட்ட ஆற்றல் தோற்றுவாய் அணுக்குண்டு மூலம் கண்கூடாக நிறுவப்பெற்றது. மேலும், இழிந்த உலோகங்களை உயர்ந்த உலோகங்களாக மாற்றலாம் என்ற இரசவாதியின் நெடுநாளையக் கனவு நினைவாக்கப் பெற்றுள்ளது. புதுமை பௌதிகத்தின் இச் சாதனைகளைக் கண்டு எவரும் வியப்புறுவது இயற்கையாகும். எனினும், அறிவியல் மாணவன் இந்தப் புதுமை விஞ்ஞானச் சாதனங்களைப்பற்றிய மேற்போக்கான அறிவுடன் அமைதிபெறுவதில்லை. இயற்கையின் புதிர்களை அவனுடைய அறிவுக்கெட்டிய வரையில் அறிந்துகொள்ள விரும்புகிறன்.

இயற்கை அண்டம் பொருள், கதிர்வீச்சு என்ற இரு அம்சங்கள் வாயிலாக விளங்குகிறது என்று நாம் அறிவோம். பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டைய பௌதிகம் அப்போது கிடைத்த விவரங்களைக் கொண்டு இவ்விரு பண்புகளும் முற்றிலும் வேறுபட்ட உள்பொருள்கள் (entities) எனக் கருதியது—முதலாவதாகிய பொருள் கலப்பற்ற நுண்ணணிமங்கள் சார்ந்தது அ-து., பொருண்மையும் சடத்துவமும் பெற்ற துகள்கள் எனவும், பிந்தியது—அதாவது கதிர்வீச்சு, கலப்பற்ற துடிப்புகளைச் சார்ந்தது, அ-து., பருப்பொருள் துகள்களின் காலாந்தர அமைதிக்குலைவுகள் எனவும்

கருதியது. இதன் விளைவாக பொருண்மை அழியா விதி, ஆற்றல் அழியா விதி என்ற இருவேறு விதிகளை உணர்ந்தது. இவற்றின் அடிப்படையில்தான் பௌதிக வளர்ச்சியின் மேற் கட்டுமானமே எழுப்பப்பெற்றது. எனினும் நம் காலத்திய பௌதிகம் பொருளை யும் பொருண்மை) கதிர்வீச்சையும் (radiation) ஒரேயடி யாகப் பிரித்துவிடுதல் மெய்ம்மைக்கு ஒவ்வாதது எனக் கண்டு பிடித்தது பொருள், 'அலைப் பண்பையும், கதிர்வீச்சு, நுண்ணிமங் களின்' பண்புகளையும் கொண்டுள்ளன எனக் கண்டறியப்பட்டது. இயற்கையின் வெளிப்படையாகப் புலனாகும் இரு பண்புகளுக் கிடையேயுள்ள நெருங்கிய தொடர்புபற்றிய புரட்சிகரமான கோட்பாடு இன்றைய பௌதிகத்தின் தரக்குறியீடாய் அமை கிறது. நெடுங்காலமாக பௌதிக அறிஞர்களால் போற்றிப் பாதுகாக்கப்பட்ட அடிப்படை விதிகளையும் எண்ணங்களையும் இதற்கேற்ப முற்றிலும் மாற்றியமைக்கவேண்டி நேர்ந்தது. இதனால் இருபதாம் நூற்றாண்டு பௌதிகம் முதுபழம் பௌதிகத்திலிருந்து வேறுபட்ட புதுமை பௌதிகம் என்ற தலைப்பில் விளக்கப்படுகிறது.

நமக்குக் கட்புலனாகும் சாதாரண நிலையில் அல்லது திரண்ட நிலையில் காட்சிப் பதிவுகள் தோராயமாகவே இருப்பதால் இயற்கை நிகழ்ச்சியின் மிக நுண்ணிய உள்ளார்ந்த தொடர் பாகிய 'அலை-துகள்' சார்ந்த இரட்டைப் பண்பு புலனாவதில்லை. ஆனால், அதிநுண்ணிய அல்லது அணு நிலையில் இந்த இரட்டைப் பண்பு கருத்தைக் கவரும் முறையில் உய்த்து உணரலாகிறது. எனவே, புதுமைப் பௌதிக மலர்ச்சியின் தொடக்கநிலை பொருளின் இறுதியான, நுண்ணிய ஆக்கக்கூறாகிய அணுவாகத்தான் இருக்க வேண்டும். இதனால்தான் இன்றைய பௌதிக ஆராய்ச்சிகள் அணுவிலேயே—அணுவின் உள்ளார்ந்த கட்டமைப்பையும் தன்மையையும் பகுத்தாராயும் முயற்சியிலேயே பெரிதும் அமை கின்றன இந்தக் கண்கொண்டு பார்க்கும்போது புதுமைப் பௌதிகம் அணு பௌதிகமென அழைக்கப்படுவது மிகவும் பொருத்தமாகும்.

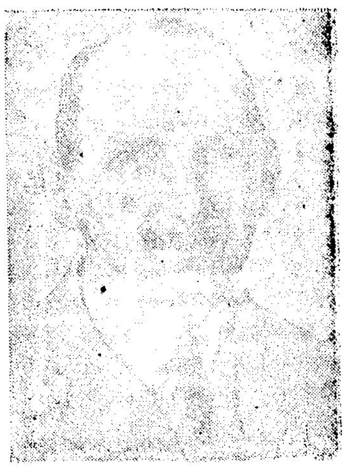
அணுபௌதிகத்தின் பெரும்பான்மையான புதுமை வளர்ச்சி கள் வாயுக்களின் வழியாக மின்னிறக்கம் நிகழ்வதுபற்றிய ஆராய்வுகளிலிருந்தே பிறந்தன. எனவே, இந்த முக்கியமான நிகழ்ச்சியினை இந்த அத்தியாயத்தில் பார்ப்போம்.

வாயுக்களின் வழியாக மின்சாரச் செலுத்துகை ஆர்வ மூட்டும், ஆனால், சிக்கலான பல்வேறுவகை முடிவுகளைக் கொடுத் தது. இம் முடிவுகள், வாயுக்களின் அழுத்தம், மின்புலத்தின்

வலிமை ஆகிய இரு காரணிகளையே சிறப்பாகச் சார்ந்திருக்கின்றன. எனவே, இந் நிகழ்ச்சியினை (1) இயல்பான அழுத்தம் (2) தாழ் அழுத்தம் என்ற இரு தலைப்புகளின்கீழ் ஆராயவேண்டியுள்ளது.

இயல்பான அழுத்தத்தில் வாயுவின் வழியாக மின்சாரம் செலுத்துதல்

வளி அழுத்தம், வெப்பநிலை ஆகியவற்றின் இயல்பான நிலைகளில் பெரும்பான்மையான வாயுக்கள், கடத்தாப் பொருள்களாகவே காணப்படுகின்றன. அ-து., மின்சாரத்தைக் கடத்துவதேயில்லை. காட்டாக, இயல்பான காற்றுப் பெரும்பான்மையும் ஓர் இலட்சியக் கடத்தாப் பொருளே. அது அவ்வாறில்லாதிருந்திருந்தால் மின்சார நிகழ்ச்சிகளின் ஆராய்வு பெரிதாக முன்னேறியிருக்க முடியாது. இது எவ்வாறிருந்தாலும், காற்று மின்சாரத்தை கடத்தத்தான் செய்கிறது எனும் உண்மை முதன்முதலாக 1900-ல் சி. டீ. ஆர். வில்சனுல் செய்முறைகள் மூலம் மெய்ப்பித்துக் காட்டப்பட்டது. அவர், தங்க இலை மின்காட்டியில் (Gold leaf electroscope) தங்க இலையைத் தாங்கிப் பிடித்துக் கொண்டிருப்பவை வழியாக மின்சாரம் கசிவதனைத் தவிர்ப்பதற்கு விரிவான முன்னெச்சரிக்கைகள் செய்யப்பட்டிருந்தாலும் அது மின்னூட்டம் பெற்றிக்கும்போது மெதுவாக மின்னிழக்கிறது எனக் கண்டார். மின்காட்டியில் காணப்பட்ட மின்கடத்தும் திறன் அதிலுள்ள காற்றின் அளவைப் பொறுத்திருந்தது. இவ்வுண்மை காற்றுத்தான் கடத்தும் இடைநிலைப் பொருள் என்ற முடிவினைத் தந்தது. எல்லா வாயுக்களுமே சில குறிப்பிட்ட புறச்செயலிகளுக்கு உட்படுத்தப்பட்டால் கடத்திகளாகின்றன என்றும் அவற்றின் கடத்தும் திறனைப் பெரிதும் உயர்த்தக் கூடுமெனவும் மிகவிரைவிலேயே கண்டறியப்பட்டன. காட்டாக, அனற்கொழுந்திலிருந்து பெறப்படும் எரி வாயுக்கள் மின்சாரத்தைக் கடத்துகின்றன. புற ஊதா ஒளி,



பேராசிரியர் சி. டீ. ஆர். வில்சன்

எக்ஸ்-கதிர்கள், மின் பொறிகள், கதிரியக்கப் பொருள்கள் போன்றவையும் வாயுக்களை ஒப்பீட்டில் சிறந்த கடத்திகளாக்குகின்றன. தூண்டுகிற செயலி நீக்கப்பட்ட பிறகும் சிறிதுநேரம் கடத்துதல் நீடித்திருக்கிறது; ஆனால், எல்லையில்லாமல் நீடித்திருப்பதில்லை.

அயனியாக்கம் : இந்தத் தூண்டப் பெற்ற, தாற்காலிகமான கடத்தும் திறம் அயனியாக்கம் (ionisation) எனப் பெயர்பெற்ற ஒரு செய்முறையினால் உண்டாகிறதெனக் கண்டறியப்பட்டது. சாதாரணச் சூழ்நிலைகளில் வாயுக்கள் கட்டுப்பாடற்ற, மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் மிகச் சிலவற்றையே பெற்றிருக்கின்றன. எனவே, அவை நேர்த்தியான கடத்தாப் பொருள்களாக இருக்கின்றன. ஆனால், அவை ஒரு தகுந்த செயலியின் ஆட்சிக்கு உட்படுத்தப்படும்போது அயனிகள் எனப்படும் கட்டுப்பாடில்லாத, மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் மிகப்பல உண்டாகின்றன ; அதன்பிறகு அவை ஒப்பீட்டில் கட்டுப்பாடில்லாத ஆனால் உண்மையான கடத்தும் திறனைப் பெறுகின்றன. இந்த அயனிகளை உண்டாக்கும் முறை அயனியாக்கம் என அழைக்கப்படுகிறது. வாயுவின் மின் நடுநிலையிலுள்ள அணு அல்லது மூலக்கூறிலிருந்து மிகமிக லேசான, எதிர்மின்னூட்டமுடைய எலெக்ட்ரான்களைப் பிரிப்பதாகும். இதன் விளைவாக எஞ்சிய அணு அல்லது மூலக்கூறு நேர்மின்னூட்டம் பெற்றிருக்கும் ; இதுவே மூல அணு அல்லது மூலக்கூறின் முழு எடையையும் பெற்றிருக்கும். இது நேர்மின் அயனியாக அமைகிறது. பிரிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் விரைவிலேயே ஒரு மின் நடுநிலை அணுவுடனோ அல்லது மூலக்கூறுடனோ இணைந்துகொள்கிறது. இதனால் அந்த அணு அல்லது மூலக்கூறு எதிர்மின் அயனியாகிறது. இவ்வாறாக அயனியாக்கத்தினால் நடுநிலையிலுள்ள வாயு அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் நேர், எதிர் மின்னூட்டமுடைய துகள்களாக உடைபடுகின்றன. ஒரு வாயுவை அயனியாக்குதலுக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. இந்த ஆற்றல் பலவேறு வாயுக்களுக்கும் வேறுபட்டிருக்கும். காட்டாக எலெக்ட்ரான்கள் அணுவுடன் மிக உறுதியாகப் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஹீலியம், நியான் போன்ற மந்த வாயுக்களுக்கு இதனினும் உறுதி குறைந்த முறையில் எலெக்ட்ரான்கள் பிணைக்கப்பட்டுள்ள ஹைட்ரஜன், ஆக்சிஜன் ஆகியவற்றிற்குத் தேவையானதைக் காட்டிலும் அதிகம் தேவைப்படுகிறது. அயனிகள் தோற்றுவிக்கப்படும் வீதம் அயனியாக்கும் செயலியின் (ionising agent) தன்மையைப் பொறுத்திருக்கிறது. ஆனால், இருக்கின்ற அயனிகளின் எண்ணிக்கை காலத்தோடு எல்லையில்லா

மல் அதிகரித்துவிடுவதில்லை. ஏனெனில், சில நேர்மின் அயனிகளும் எதிர்மின் அயனிகளும் எப்பொழுதும் மீண்டும் இணைந்து கொண்டேயிருக்கின்றன; இவ்வாறு மீண்டும் இணைதல் அங்கே இருக்கின்ற அயனிகளின் எண்ணிக்கையின் இருபடிக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். எனவேதான் அயனியாக்கும் செயலி நீக்கப்பட்ட பின்னரும் சிறிதுநேரம் நீடிக்கிறது. ஆனால், எல்லையில்லாமலன்று. மேலும் டௌன்ஸெண்ட் (Townsend) காட்டியது போல, ரேடியம் போன்ற வலுவான அயனியாக்கும் செயலி பயன்படுத்தப்பெறும்போதுகூட ஒரு வினாடியில் நூறு மில்லியன் மூலக்கூறுகளிலிருந்து ஒன்றே ஒன்றுதான் அயனியாக்கம் பெறுகிறது.

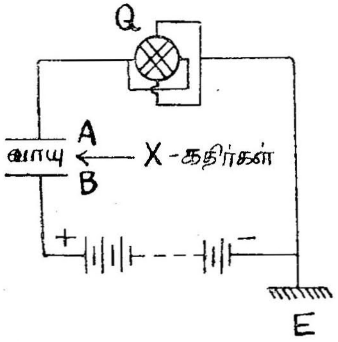
அயனியாக்கம்பெற்ற வாயு ஒரு மின்புலத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டால் நேர்மின் அயனிகள் புலத்தின் எதிர்முனை நோக்கியும், எதிர்மின் அயனிகள் புலத்தின் நேர்முனை நோக்கியும் இழுக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய ஓர் இயக்கம் வாயுவின் வழியே பாயும் ஒரு மின்னோட்டமாக அமைகிறது. இது அயனியாக்க மின்னோட்டம் (ionisation current) எனப்படும். ஓர் அணு அல்லது மூலக்கூறிலிருந்து வெளியேற்றப்பட்டு மற்றொரு நடுநிலை அணு அல்லது மூலக்கூறுடன் இணையும் மின்னூட்டத்தால் எதிர்மின் அயனி உருவாவதால் அது நேர்மின் அயனியினுடைய அதே எடையைத்தான் பெற்றிருக்கும். இதன் விளைவாக, இருவகை அயனிகளின் இயங்குதிறன்களும் (mobilities), பரவி விரவும் தன்மையும் (diffusion) இயல்பான அழுத்தங்களில் ஒரே அளவினவாக இருக்கும். ஆனால். அழுத்தம் குறைக்கப்படும்போது எதிர்மின் அயனி அதன் ஊர்தி அணு அல்லது மூலக்கூறினை உதறிவிடுகிறது; அதனால் விளையும் எதிர்மின்னூட்டமுடைய இலேசான துகளாகிய வெற்று எலெக்ட்ரான் நேர்மின் அயனியை விட வேகமாகவும் கட்டுப்பாடில்லாமலும் செல்கின்றது. வாயுக்களில் மின்சாரம் செலுத்தும் செயல்முறை சில குறிப்பிட்ட அம்சங்களில் கரைசலில் மின்சாரம் செலுத்துவதற்கு மிகவும் ஒத்திருக்கிறது. அர்ஹினியஸ் (Arrhenius) கருத்துப்படி கரைசலில் மின்சாரம் செலுத்துவது, கரைசலிலுள்ள மின்னாற் பகு பொருள் (electrolyte) பிரிக்கப்படுவதால் உண்டாகும் நேர்மின் அயனிகளாலும், எதிர்மின் அயனிகளாலுமே.

வாயுக்களை அயனியாக்குதலில் பல கவர்ச்சியான அம்சங்கள் தேர்வாய்வு செய்யப்பட்டன. அவற்றுள் மூன்றினைமட்டும் நாம் இங்கே பார்ப்போம். அவையாவன (1) அயனியாக்க மின்னோட்டத்தையும், மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு ஏற்ப அது மாறுதலை

யும் அளத்தல், (2) அயனிகளின் இயங்குதிறனும், அது அயனியின் நிறை, அழுத்தம், வெப்பநிலை போன்றவற்றைச் சார்ந்திருக்கும் அளவும், (3) மீண்டும் இணைவதால் அயனிகள் சிதைதல். இது நிகழ்ச்சியின் பல்வேறு தற்சிறப்புப் பண்புகளையும் பற்றிய ஒரு உள்நோக்கினை நமக்குத் தரும்.

(1) அயனியாக்க மின்னோட்டத்தை அளத்தல் : பொதுவாக, அயனியாக்க மின்னோட்டம் ஒரு மின்னோட்டம் காட்டியினால் அளக்கப்பட முடியாத அளவு வலுக்குறைந்தது. எனவே, இதற்குப் பதிலாக ஒரு குவாட்ரன்ட் எலெக்ட்ராமீட்டர் (Quadrant electrometer) அல்லது உணர்திறம்மிக்க தங்க இலை மின்காட்டியினைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

அயனியாக்கப்பட வேண்டிய வாயு இணையான இரு உலோகத் தகடுகள் *A*, *B* ஆகியவற்றின் இடையே எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது (படம் 1). *B* ஆனது பலமின்கலன்களாலான ஓர் அடுக்குடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது ; தரையிடப்படாத ஒரு கம்பியினை மின்கல அடுக்கின் பல பகுதிகளிலும் இணைப்பதனால் *B*-ன் மீதுள்ள மின்னழுத்தத்தைப் பெரும் எல்லைகட்குள் மாற்ற முடியும். மற்றொரு தகடு *A* ஒரு மின்அளவி தன் ஒரு சோடி கால் வட்டங்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின் அளவியின் மறு சோடிக் கால்வட்டங்கள் தரையிடப்பட்டுள்ளன. சாதாரண நிலைகளில், *A* தகடும் கால் வட்டங்களின் இரு தொகுதிகளும் சுழி மின்னழுத்தத்தில்



படம் 1. அயனியாக்க மின்னோட்டத்தை அளத்தல்

இருக்கும் ; மின் அளவியின் முள் ஒதுக்கமேதுமடையாது இப்போது எக்ஸ்கதிர்கள் போன்ற ஓர் அயனியாக்கும் செயலியை *A*-க்கும் *B*-க்குமிடையேயுள்ள வாயுவின் வழியாகத் தொழிற்படுத்தினால் வாயு அயனியாக்கம் பெறும்; அயனிகள் தகடுகளை நோக்கிச் செல்லும்—எதிர்மின் அயனிகள் *B*-க்கும் நேர்மின் அயனிகள் *A*-க்கும் செல்லும். *A*-க்கும் *B*-க்குமிடையே ஓர் அயனியாக்க மின்னோட்டம் ஏற்படும். இதன் விளைவாக மின் அளவியின் முள் ஒதுங்கும். அயனியாக்க மின்னோட்டத்தால் *A*-ன் மின்னழுத்தம்

படிப்படியாக அதிகரிப்பதனுல் இந்த ஒதுக்கம் படிப்படியாக அதிகரிக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஒதுக்கத்தை அளந்து ஒதுக்கம் அதிகரிக்கும் வீதத்தைக் கண்டுகொள்ளலாம். இந்த அதிகரிக்கும் வீதம் மின் அளவியின் கால்வட்டங்களிலும் A-யிலும் மின்னழுத்தம் மாறும் வீதத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். அயனியாக்க மின்னோட்டம் ஐ A-யின் மின்னழுத்தம் மாறும் வீதத்திலிருந்து கீழ்க்கண்டவாறு மதிப்பிடலாம் :

A தகடு, மின்அளவி ஆகியவற்றின் மின்னேற்புத்திறன் C எனவும், *t* நேரத்தில் மின்னழுத்த மாறுதல் V எனவும் கொள் வோம்.

t நேரத்தில் *A* ஏற்கும் மின்சாரத்தின் அளவு Q ஆனது Q = CV என்பதால் கொடுக்கப்படுகிறது.

எனவே, *t* நேரத்தில் சராசரி அயனியாக்க மின்னோட்டம் I ஆனது.

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{CV}{t}$$ என்பதால் கொடுக்கப்படுகிறது.

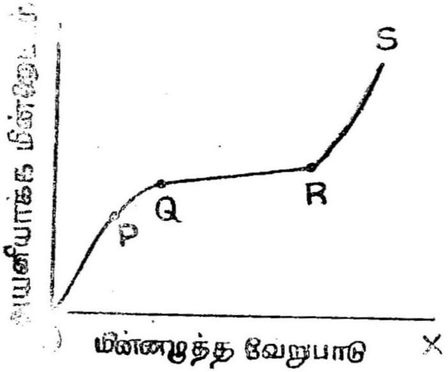
அதே *t* நேரத்தில் மின் அளவி முள்ளின் ஒதுக்கத்தில் கண்டறிந்த மாற்றம் θ ஆனல் V = Kθ. இங்கே K என்பது மின்அளவி யின் ஒரு மாறிலி. இதனைத் தனியான சோதனைகளால் காண வேண்டும்.

$$\therefore \; I = K.C. \left(\frac{\theta}{t}\right)$$

இவ்வாருக, *A*, *B* தகடுகட்கிடையேயுள்ள எந்தக் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் உரிய அயனியாக்க மின்னோட்டத்தை அளக்கக்கூடும்.

அயனியாக்க மின்னோட்டம் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற் கேற்ப மாறுதல் : ஓர் உலோகக் கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது ஓமின் விதி சரியாக இருக்கிறதெனக் கண்டோம். ஓமின் விதிப்படி மின்னோட்டத்தின் வலிமை மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்திலும் மின்தடைக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும். $I = \frac{E}{R}$. அயனியாக்க மின்னோட்டமும் இந்த விதிக்கு உட்பட்டு ஒழுகுகிறதா என இப்போது பார்ப்போம். இதற்காக மேலே விவரித்ததுபோல *A*, *B* தகடுகட்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் பல்வேறு மதிப்புகளுக்கும் இயைந்த அயனியாக்க மின்னோட்டம் அளக்கப்பட்டுக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறு

வேறுபாட்டிற்கும் அயனியாக்க மின்னோட்டத்திற்குமிடையே ஒரு வளைகோடு படம் 2-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் வரையப்படுகிறது.



படம் 2. மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கேற்ப அயனியாக்க மின்னோட்டம் மாறுதல்

இந்த வளைகோட்டினுடைய உருவமானது அயனியாக்க மின்னோட்டம் ஓமின் விதிக்கு உட்பட்டிருக்கவில்லை என்பதனைக் காட்டுகிறது. ஏனெனில், ஓமின் விதிப்படி நாம் ஒரு நேர்கோட்டினைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். தாழ்ந்த மின்னழுத்தங்களிலிருந்து ஆரம்பிக்க, முதலில் மின்னோட்டம் அநேகமாக ஓமின் விதியை ஒட்டி மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது (வளைகோட்டின் OP பகுதி). ஆனால், விரைவிலேயே மின்னழுத்தம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க மின்னழுத்தத்துடன் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும் வீதம் குறைந்துகொண்டே சென்று சுழியை நெருங்க முயலுகிறது (PQ பகுதி). பிறகு மின்னழுத்தத்தின் ஒரு நீண்ட எல்லைவரை மின்னோட்டம் அநேகமாக மாறாமலே இருக்கிறது (QR பகுதி). இந்த எல்லையில் மின்னோட்டம் நிறை நிலை மதிப்பை அடைந்துவிட்டதாகச் சொல்லப்படுகிறது. எனவே, இது நிறைநிலை மின்னோட்டம் (Saturation current) எனப்படும். கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் ஏறத்தாழச் செ.மீ.-க்கு 30,000 வோல்ட்டுகள் எனுமளவில் மிக உயர்ந்த ஒரு மதிப்பை அடையும்போது வேறொருநிலை கிட்டுகிறது. இங்கே, மின்னோட்டம் சற்றுத் திடீரென மிகுந்த விரைவுடன் அதிகரிக்க ஆரம்பிக்கிறது (RS பகுதி).

இந்தப் பல்வேறு நிலைகளும் அயனியாக்கும் செயலியால் தோற்றுவிக்கப்பட்ட அயனிகள் தங்களுக்கிடையே ஒரு மின்புலம் தாங்கிய இரு தகடுகளால் இழுக்கப்படுவதால் அயனியாக்க மின்னோட்டம் விளைகிறது எனக்கொண்டு எளிதாக விளக்கப்படுகின்றன.

தோற்றுவிக்கப்படும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை வாயுவின் பருமனுக்கும் அயனியாக்கும் செயலியின் வலுவிற்கும் நேர் விகிதத்திலுள்ளது. இந்த அயனியாக்கும் செயலியின் வலு, ஒரு விநாடியில் ஓர் அலகு பருமனில் உண்டாக்கப்படும் ஒவ்வொரு வகை அயனியின் எண்ணிக்கையும் q ஆக இருப்பதற்கேற்ப இருப்பதாகக் கொள்வோம். ஒவ்வொரு தகட்டின் பரப்பு a ஆகவும் அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தூரம் l ஆகவும் இருந்தால் இரு தகடுகளுக்குமிடையே ஒரு விநாடியில் உண்டாக்கப்படும் ஒவ்வொரு வகை அயனியின் எண்ணிக்கையும் $q.a.l$.

கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு சிறிதாக இருந்தால் மொத்த $q.a.l$ அயனிகளில் சிலவே மீண்டும் இணைதல் நிலை பெறுதலுக்கு முன்னால் தகடுகளைச் சேரமுடிகின்றது; மின்னோட்டத்தின் மதிப்புக் குறைவாக இருக்கிறது. மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அதிகரிக்க ஒவ்வொரு தகட்டிற்கும் ஒரு விநாடியில் வந்துசேரும் அயனிகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாகும். அத்தகைய அயனிகள் மிகுதியாக இருக்கும் வரையில் ஓமின் விதி பொருந்தும். வளைகோட்டின் ஆரம்ப நேர்கோட்டுப் பகுதி OP -யினை இது விளக்குகிறது.

மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பை அடையும் போது மொத்த qal அயனிகளில் தகடுகளினால் இழுக்கப் படாமல் விடப்பட்ட அயனிகளின் எண்ணிக்கை சிறிதாகிறது. அப்போது மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை உயர்த்துவதால் அதற் கேற்ப ஈர்க்கப்படக்கூடிய அயனிகள் அதிகமாகக் கிடைப்பதில்லை. ஏனெனில், மின்னழுத்த வேறுபாடானது அயனியாக்கும் செயலி யன்று. எனவே மின்னழுத்தத்துக்கேற்ப மின்னோட்டம் மாறும் வீதம் குறைந்துகொண்டே சென்று இறுதியில் சுழி மதிப்பை அடைகிறது. ஓமின் விதி செல்லுபடியாகாத வளைகோட்டின் PQ பகுதியை இது குறிக்கிறது.

ஒரு விநாடியில் அயனியாக்கும் செயலியால் தோற்றுவிக்கப் படுவதைவிட அதிகமான அயனிகள் அந்த நேரத்தில் தகடு களை வந்தடைய முடியாதென்பது வெளிப்படை. Q-க்கு மேலே மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை அதிகரித்தால் தகடுகளுக்கு அயனி கள் வந்துசேரும் வீதம் அவை தோற்றுவிக்கப்படும் வீதத்திற்குச் சமமாகின்ற நிலை ஏற்படுகிறது. இவை சமமாக இருப்பதால் அயனியாக்க மின்னோட்டம் ஒரு நிலைத்த நிறைநிலை மதிப்பை அடைகிறது. இது மின்னழுத்தம் பெருமளவு உயரும் வரையில் நீடிக்கிறது. இதனை QR பகுதி குறிக்கின்றது. அயனியாக்க மின்னோட்டத்தின் நிறைநிலை மதிப்பு I_s ஆனது. $I_s = qale$

என்றாகும். ஏனெனில், qal அயனிகள் ஒரு விநாடியில் தகடு களுக்குக் கொடுக்கும் மின்னேற்றம் $qale$. இங்கே e என்பது ஒவ்வோர் அயனியின்மீது முள்ள மின்னேற்றம்.

ஓர் அலகு நேரத்தில் உண்டாக்கப்படும் அயனிகளின் எண்ணிக்கைக்கியைந்த மதிப்பினை மின்னோட்டம் விஞ்ச முடியாது என்பதனை நிறைநிலை காட்டுகிறது. இந்த நிலையில் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை மாறாமல் வைத்து, தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை அதிகப்படுத்தினால் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு அதி கரிக்கிறது. இப்போது அயனியாக்கச் செயலியின் ஆதிக்கத்திற்கு உள்ளாகும் வாயுவின் பருமன் அதிகரித்தலும் அதன் காரண மாக அயனிகள் தோற்றுவிக்கப்படும் வீதம் அதிகரித்தலுமே இதற்குக் காரணம் என்பது வெளிப்படை. அயனியாக்க மின் னோட்டத்திற்கும் கடத்தும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள வேறு பாட்டையும் இந்த உண்மை வெளிக்கொணர்கிறது. மின்னழுத்த வேறுபாடு தொழிற்படுத்தப்படும் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அயனியாக்க மின்னோட்டத்தின் நிறைநிலை மதிப்பு அதிகரிக்கிறது. அதே நேரத்தில் மின்னழுத்த வேறுபாடு தொழிற்படுத்தப்படும் புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க கடத்தும் மின்னோட்டம், அதாவது, உலோகக் கடத்திகள், மின்னாற் பகுபொருள்கள் ஆகியவற்றின் ஊடே பாயும் மின்னோட்டம் ஓமின் விதிப்படி குறையும். இந்த வேறுபாட்டுக்குரிய காரணம் என்னவெனில் உலோகக் கடத்தி களும், மின்னாற் பகுபொருள்களும் சிறந்த கடத்திகளானதால் அவற்றில் மிகப்பல மின்சார ஊர்திகள் உள்ளன; எனவே, நிறைநிலை எப்போதும் எட்டுவதில்லை. ஆனால், வாயுக்கள் இயற்கை யாகவே கடத்தாப் பொருள்களானதால் அயனியாக்கும் செயலின் தன்மையைப் பொறுத்து ஒரு வரம்பிற்குட்பட்ட ஊர்திகளே உள்ளன. உலோகக் கடத்திகளில் மின்சார ஊர்திகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இல்லாவிடின் வாயுக்களில் ஏற்படுவது போல அவற்றிலும் நிறைநிலை நிகழ்ச்சி ஏற்படும்; மிக உயர்ந்த மின்னோட்ட அடர்த்திகளுக்கு ஓமின் விதி பொருந்தாது. இவ் வாறாக, அயனியாக்க மின்னோட்டம் மின்னழுத்த வேறுபாடு சிறிதாக இருக்கின்ற ஆரம்பநிலையைத் தவிர்த்து மற்றபடி கடத்தும் மின்னோட்டத்தைப்போல் ஓமின் விதிக்கு உட்பட்டு நடப்பதில்லை; ஆனால் மற்றொரு விதிக்கு உட்பட்டு நடக்கிறது. அதாவது, நிறைநிலை மின்னோட்டச் செறிவு கிடைக்கக் கூடிய அயனிகளின் மொத்த எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கிறது. இந்த எண்ணிக்கை அயனியாக்கும் செயலியின் வினையையும் அவ்வினைக்குள்ளாக்கப்படும் வாயுவின் பருமனையும் பொறுத்

துள்ளது. நிறைநிலை மின்னேட்டம் செயலியின் அயனியாக்கும் திறனுக்கு நேர்விகிதத்திலிருப்பதால் இது செயலியினது விளையின் ஓர் அளவாகப் பயன்படக்கூடும்.

கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை வளைகோட்டில் R புள்ளிக்கியைந்ததைக் காட்டிலும் அதிகமான மதிப்பிற்கு உயர்த்தினால் மின்னேட்டமானது மிகச்சிறு மின்னழுத்த வேறுபாடுகளுக்கும் விரைந்து மாறுகிறது (வளைகோட்டின் RS பகுதி). இது ஒரு நிலைகுலைவினை உண்டாக்க வழிகோலும் ஒரு நிலைத்த தன்மையற்ற கட்டம் உண்டாகும்வரை நிகழ்கிறது. இந்த நிலைத்த தன்மையில்லாக் கட்டம் வரும்போது வெடிக்கும் ஒளிமிக்க மின்பொறி ஒன்று வளைந்து நெளிந்து செல்லும் ஒரு பாதையில் செல்கிறது. இவ்வாறாக மிக உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டு நிலையில் இரு புதிய நிகழ்ச்சிகள் தோன்றுகின்றன. இவை முறையே மோதலினால் அயனியாக்கம் எனவும் மின்பொறி மின்னிழப்பு (Spark discharge) எனவும் வழங்கப்படுகின்றன.

மோதலினால் அயனியாக்கம் (Ionisation by Collison) : மிக உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் ஆட்சியில் இயங்கும் அயனிகள் பெறுகின்ற வேகங்கள், இவ்வயனிகள் வாயுவினது மின் நடுநிலையிலுள்ள மூலக்கூறுகள், அணுக்கள் ஆகியவற்றுடன் மோதிப் புதிதாக அயனிகளை உண்டாக்கக் கூடிய வகையில் போதுமான அளவு அதிகமாகலாம். இந்தச் செயல்முறை 'மோதலினால் அயனியாக்கம்' எனப்படும். இங்கே அயனிகள் தோன்றும் வீதம் அயனியாக்கும் புறச் செயலினால் உண்டாவதை விஞ்சியிருக்கும். மோதலினால் அயனியாக்கம் தாழ்ந்த அழுத்தங்களில் மிகவும் விளைபயனுடையதாய் இருக்கும் என்பது தெளிவு. ஏனெனில், அத்தகைய நிலைகளில் அயனிகள் மற்ற மூலக்கூறுகளுடனும் அணுக்களுடனும் மோதுவதற்கு முன்னால் கணிசமான வேகத்தைப் பெறுவதற்கு நேரமிருக்கிறது. மோதலினால் அயனியாக்கமானது பயன்படுத்தப்படும் வாயுவினையும் பொறுத்துள்ளது. ஏனெனில், ஒரு மூலக்கூறு அல்லது அணுவினை அயனியாக்குவதற்குத் தேவைப்படும் ஆற்றல் வாயுவின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கிறது. தீவிரமான மின்புலங்களில் நேர்மின் அயனிகள் ஓரளவு இந் நிகழ்ச்சிக்குத் துணை புரிந்தாலும் அநேகமாக இந் நிகழ்ச்சி முழுவதுமே எதிர்மின் அயனிகளாலேயே விளைகின்றது. ஒரு மூலக்கூறு அல்லது அணுவினைக் கதிர்வீசும்படி செய்வதற்கு அதனை அயனியாக்குவதற்குத் தேவையானதைவிடக் குறைந்த ஆற்றலே தேவைப்படுவதால் மோதலினால் அயனியாக்கும்போது அத்துடன் கதிர்வீச்சும் ஏற்

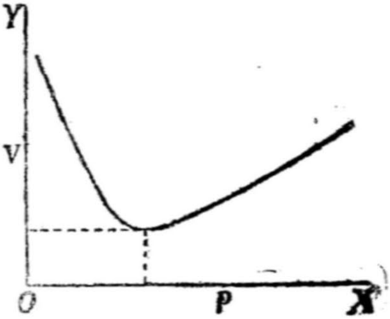
படும். இக் கதிர்வீச்சு மின்வாய்களைத் தாக்கி அயனியாக்க மின்னோட்டத்தில் கணிசமான பங்கேற்கக் கூடிய அளவு போதுமான எண்ணிக்கையில் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடக்கூடும்; இது மின்னோட்டம் விரைந்து அதிகரிப்பதை விளக்குகிறது.

மின்பொறி மின்னிழப்பு: கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு 50,000 வோல்ட்டுகள் எனும் அளவில் உயர்ந்தும் அதற்கு மேலும் இருக்கும்போது வாயுவில் மின்பொறி பறக்கின்றது. இது அயனியாக்கும் புறச்செயலி இல்லாதபோதும் நிகழும். குறிப்பிட்ட நிலைகளில் ஒரு மின்பொறியைத் தொடக்குவதற்குத் தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாடானது [இது பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் (Sparking potential) எனப்படும்] ஒரு முறை தொடக்கப்பட்டபின் அப் பொறியை நிலைநிறுத்துவதற்குத் தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாட்டைவிட மிகமிக அதிகமாக இருப்பதாகக் கண்டறியப்பட்டது. அவ்வாறே, பொறி முதலில் தொடக்கப்படும்போது மின்வாய்கட்கிடையேயுள்ள தூரம் [இது மின்பொறி நீளம் (Spark length) அல்லது தாக்கு தூரம் (triking distance) எனப்படும்.] பொறியை நிலைநிறுத்தும்போது உள்ளதைவிடக் குறைவு. ஏனெனில், இது மின்னிழப்பு தொடங்கிவிட்டால் வாயு அயனியாக்கப்படுகிறது. பொறி ஆரம்பத்தைவிட எளிதாகச் செல்லமுடிகிறது. மின்பொறியின் உயர்ந்த மின்னோட்ட ஊர்திகளாகத் தொழிற்படும் அயனிகளை நிறைய உண்டாக்குவதற்கு மோதலினால் அயனியாக்கும் செய்முறைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நேரம் தேவைப்படுவதால் பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதற்கும் மின்பொறி உண்மையில் தொடங்குவதற்கும் இடையே ஒரு காலப் பின்னடைவு (time-lag) உள்ளது. கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தத்தைவிடச் சிறு அளவே அதிகமாக இருந்தால் காலப் பின்னடைவு பல நிமிடங்கள் இருக்கும். மின்பொறி தாவு இடைவெளியினைப் புற ஊதா ஒளி அல்லது எக்ஸ் கதிர்களால் ஒளியூட்டி ஒளிமின் எலெக்ட்ரான்களைத் தோற்றுவித்தலால் இந்தப் பின்னடைவைக் கணிசமாகக் குறைக்கலாம்.

மின்பொறி மின்னிழப்பின் (Spark discharge) பல்வேறு தற்சிறப்புப் பண்புகளைச் சோதனைகளால் ஆராய்வதில் பல முன்னெச்சரிக்கைகளை மேற்கொள்ள வேண்டும். காலப்பின்னடைவு விளைவுகள் நீக்கப்படவேண்டும். ஒரு புள்ளியின் அருகிலேயே மின்சாரம் செறிந்திருப்பதனைத் தவிர்ப்பதற்காக இழைத்த, சமதளமான, இணையான மின்வாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தமானது (அ) வாயுவின் தன்மை,

(ஆ) வாயுவின் அழுத்தம், (இ) மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறதெனவும் ஆனால், மின்வாய்கள் தூய்மையாக இருக்கிறவரையில் அவை எப்பொருளால் செய்யப் பட்டவை என்பதனைப் பொறுத்திருக்கவில்லை எனவும் ஆய்வு விவரங்கள் காட்டுகின்றன.

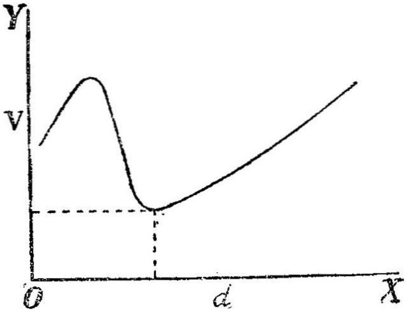
பொறிதொடக்கும் மின்னழுத்தமும் வாயுவின் அழுத்தமும் : மின்முனைகள் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட வாயுவில் பிரித்து வைக்கப்பட்டு, வாயுவின் அழுத்தம் p ஐப் படிப் படியாகக் குறைத்தால் படம் 3-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் V முதலில் ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும மதிப்புவரை குறைந்து பின்னர் விரைந்து அதிகரிக்கிறது. எனவே, மாறுதான அழுத்தம் (Critical pressure) எனப்படும். பெரிதும் உகந்த (Optimum) அழுத்தம் ஒன்றுளது. இந்த அழுத்தத்தில் மின்பொறியைத் தொடங்குவதற்கு ஒரு குறிப் பிட்ட சிறும மின்னழுத்தம் போதுமானது. இந்த மாறு



படம் 3. பொறிதொடக்கும் மின்னழுத்தமும் வாயுவின் அழுத்தமும்

தான அழுத்தம் மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும் பொறுத்துள்ளது. மாறுதான அழுத்தம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு இந்தத் தூரம் குறுகியதாய் இருக்கும். பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் அழுத்தத்திற்கேற்ப மாறுவதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். அழுத்தம் குறைக்கப்படும்போது, அயனிகளின் சராசரி மோத லிடைத்தூரம் அதிகரிக்கிறது. மேலும் மோதலினால் புத்தம் புதிதாக அயனிகளைத் தோற்றுவித்தலுக்குத் தேவையான ஆற்றலை ஓர் அயனிக்குக் கொடுப்பதற்குத் தேவையான மின்சாரச் செறிவும் குறைகிறது. எனவே, மின்பொறியைத் தொடக்குவதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் முதலில் ஒரு சிறும மதிப்புவரை குறை கிறது. ஆனால், சராசரி மோதலிடைத் தூரம் மிக அதிகமாக இருந்தால் ஒரு செ.மீ.-ல் ஏற்படும் மோதல்களும் உண்டாக்கப் படும் அயனிகளின் மொத்த எண்ணிக்கையும் மிகக் குறைவாக இருக்கும். எனவே, மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தங்களிலும்கூட மின் பொறியைத் தொடக்குவது மிகவும் கடினமாகிறது. இது மாறு தான மதிப்பைவிடக் குறைந்த அழுத்தங்களுக்கு வளைகோடு செங்குத்தாக உயர்வதனால் காட்டப்படுகிறது.

பொறிதொடக்கும் மின்னழுத்தமும் மின்வாய்கட் கிடையேயுள்ள தூரமும் : அழுத்தத்தை மாற்றுமல் வைத்திருக்கும்போது, மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்திற்கேற்பப் பொறிதொடக்கும் மின்னழுத்தம் மாறுவது படம் 4-ல் வரைபடமாகக் காட்டப் பட்டுள்ளது. மாறுதான மின்பொறி நீளம் (Critical spark length)



படம் 4. பொறிதொடக்கும் மின்னழுத்தமும் மின்பொறி நீளமும்

எனப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட மின்பொறி நீளத்திற்குப் பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் ஒரு சிறும மதிப்பைப் பெற்றிருப்பதாகத் தெரிகிறது. இந்த மாறுதான மின்பொறி நீளம் வாயுவின் அழுத்தத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது—வாயுவின் அழுத்தத்திற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கிறது.

மிதமான அளவில் பெரிய மின்பொறி நீளங்களுக்குப் பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் V ஆனது மின்பொறி நீளம் d-க்குக் கிட்டத்தட்ட நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது ; 1 செ.மீ. விட்டமுடைய கோள வடிவ மின்வாய்களுக்கிடையே சாதாரண அழுத்தங்களில் காற்றிருக்கும்போது இது ஏறத்தாழ ஒரு செ.மீ. க்கு 30,000 வோல்ட்டுகளாகவும், கூரான மின்வாய்களுக்கு இதனினும் குறைவாகவும் இருக்கிறது. மிகக் குறுகிய மின்பொறி நீளங்களுக்கு d குறையக்குறைய V அதிகரிக்கிறது. இந்த முடிவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம் :

மின்வாய்களுக் கிடையேயுள்ள தூரம் ஒப்பீட்டில் பெரிதாக இருக்கும்போது பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் மின்பொறி நீளத்துடன் ஒருபடியாக மாறுவதற்குரிய காரணம் தூரம் குறையக்குறைய ஒரு குறிப்பிட்ட செறிவை உண்டாக்கத் தேவையான மின்னழுத்த வேறுபாடும் குறைகிறது என்கிற உண்மையே. மிகக் குறுகிய தூரங்களைக் கையாளும்போது மின்

பொறி நீளம் குறையக்குறைய பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் அதிகரிப்பதற்குரிய காரணம் மூல அயனிகள் மின்வாய்களை நோக்கிச் செல்லவேண்டிய தூரம் குறைவாக இருப்பதாலும் அதன் விளைவாக மிகச் சில மோதல்களே நிகழ்வதாலும் புதிதாகத் தோற்றுவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கை சிறிதாக இருக்கும் என்கிற உண்மையே. மின்வாய்கள் கோள வடிவினவாக இருந்தால், அவை நெருங்கியிருக்கும்போது மின் பொறி மிகக் குறுகிய பாதையின் வழியாகச் செல்லாமல் சிறும மின்னழுத்தத்தினுடைய மாறுதான மின்பொறி நீளத்திற்குப் சம நீளமுடைய நீண்ட பாதையின் வழியாகச் செல்கிறது எனவும் கண்டறியப்பட்டது.

பேஷன் விதி (Paschen's law) : இந்த முடிவுகள் யாவும் பேஷனால் ஒரு விதியாகத் தெளிவுபடக் கூறப்பட்டது. அவ் விதி யாவது எந்த ஓர் அழுத்தத்திலும் அல்லது மின்வாய்கள் இடை யுள்ள தூரத்திலும் பொறி தொடக்கும் மின்னழுத்தம் V ஆனது மின்பொறி நீளம் d, வாயுவின் அழுத்தம் p ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்—அ-து., $V \propto dp$. இந்த விதி மாறுதான அழுத்தத்திற்கு மேலே பேஷனாலும் மாறுதான அழுத்தத்திற்குக் கீழே கார் (Carr) என்பவராலும் சரிபார்க்கப்பட்டது ; எனவே, இது எல்லா அழுத் தங்களுக்கும் பொருந்துமெனச் சொல்லலாம்.

மின்னிறக்கத்தின் தன்மை : தூரிகை மின்னிறக்கம் (Brush discharge), பொறி மின்னிறக்கம் (spark discharge), மகுட மின் னிறக்கம் (Corona discharge) : மின்னிறக்கத்தின் தன்மை அதில் உள்ளிட்ட மின்சாரத்தின் அளவையும் மின்வாய்களின் வடிவத் தையும் பொறுத்திருக்கிறது. இவ்வாறாக, மின்வாய்களில் ஒன்று கூர்முனை கொண்டதாகவும் மின்சாரத்தின் அளவு சிறிதாகவும் இருக்கும்போது தூரிகை மின்னிறக்கம் உண்டாகிறது. இது ஒரு கூரியமுனை கொண்ட மின்வாயின் அருகில் மின்புலம் செறிவாக்கம் பெற்றிருப்பதால் உண்டாகிறது. பேரளவு மின்சாரமும் உருண்ட மின்வாய்களும் பொறி மின்னிறக்கத்தைத் தோற்றுவிக்கின்றன. மின்வாய்களில் ஒன்று நேர்த்தியான கம்பியாக இருக்கும்போது மகுட மின்னிறக்கம் எனப்படுவது ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத் திற்கு மேல் கிடைக்கிறது. இந்த மகுட மின்னிறக்கம் உயர் அழுத்த மின்சாரம் செலுத்தும் கம்பிகளில் (high tension transmission lines) ஏற்படும் இறக்கங்களைப்பற்றிப் பார்க்கும்போது

முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. மின்னிறக்கங்கள் பற்றிய சோதனைக் கூடத் தேர்வாய்வுகள் (investigations) மின்னல் (lightning) நிகழ்ச்சி பற்றிய ஆராய்விற்குப் பெருந்துணை புரிந்தன.

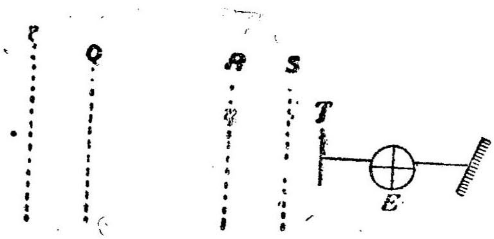
2. அயனிகளின் இயங்குதிறன் (Mobilty) : அயனிகளின் வேகங்களைப்பற்றிய ஆராய்வு அயனிகளின் தன்மையையும் அவற்றின் வாழ்க்கை வரலாற்றையும் பற்றிய பெருமதிப்பு வாய்ந்த தகவல்களை அளிப்பதால் இது மிகுந்த முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. நடைமுறையில், அயன இயங்குதிறன் (ionic mobility) அல்லது அயனியின் இயங்குதிறன் (mobility of the ion) எனப்படும் ஓர் அளவு k ஆனது இடைநிலைப் பொருள், அழுத்தம், வெப்பநிலை ஆகியவற்றின் மாறுபடும் நிலைகளில் அளக்கப்பெறுகிறது. அயன இயங்குதிறனுக்கு ஒரு கோவையைக் கீழ்க்கண்டவாறு எளிய முறையில் பெறலாம்.

மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலைநாட்டப்பெற்ற இரு தகடுகளுக்கிடையே உருவாகிய வாயு அயனிகள் (gascous ions) மின் புலத்தின் ஆளுகையில் தகடுகளைநோக்கி நகர்கின்றன. மின் புலத்தின் வலு X ஆகவும், அயன மின்னூட்டம் e ஆகவும், அயனியின் நிறை M ஆகவும் இருந்தால் அயனி பெறுகின்ற முடுக்கம் λ ஆனது $\frac{Xe}{M}$ ஆகும். ஒவ்வோர் அயனியும் ஒரு குறுகிய நேரம் 't' இயங்கிய பின்னர் மின்நடுநிலையிலுள்ள ஒரு மூலக்கூறின்மீது மோதி அமைதிநிலைக்கு வருகிறது. அயனி மீண்டும் புறப்பட்டுப் புலத்தினால் முடுக்கமடைந்து மீண்டும் t நேரம் கழித்து ஒரு மோதலினால் அமைதிநிலைக்குக் கொண்டு வரப்படுகிறது. ஒவ்வொரு சராசரி மோதலிடைத் தூரத்தின் முடிவிலும் அயனி அடையும் திசைவேகம் V ஆனது $V = \lambda t = \frac{Xet}{M}$ ஆல் கொடுக்கப்படுகிறது. மோதல்கள் மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்வதால் அயனிகள் ஒரு முடுக்கத்துடன் செல்கின்றன என்று சொல்லமுடியாது; ஆனால் அவை $v = \frac{1}{2} V = \frac{Xet}{2M}$ எனும் ஓர் இழுப்பு வேகத்துடன் (drift velocity) செல்கிறது [இம்மியும் பிசகாத பாவித்தலில் திசைவேக இருபடிச் சராசரியின் (Mean square velocity) இருபடி மூலத்தை (Square root) கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளவேண்டும்].

ஒரு வாயுவில் ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தில் எந்த ஒரு வகை அயனிக்கும் e, M, t, ஆகியவை மாறிலிகள். எனவே, அயன வேகம் v ஆனது $v = kX$ என்பதனுல் கொடுக்கப்படுகிறது. இங்கே $k \left(= \frac{et}{2M} \right)$ ஒரு மாறிலி. இந்த மாறிலிதான் அயன இயங்குதிறன். அயன இயங்குதிறன் ஆனது ஓர் அலகு வலுவுடைய மின்புலத்தில் (X = ஒரு செ.மீ.க்கு 1 வோல்ட்) அயனி பெறுகின்ற திசைவேகத்திற்குச் சமமாகும்.

அயன இயங்கு திறனை அளத்தல்: முதன்முதலாக 1897-ல் ரூதர்ஃபோர்ட் (Rutherford) அயன இயங்குதிறன்களை அளவிட்ட காலத்திலிருந்து லாஞ்ஜ்வின் (Langevin), ஸெலினி (Zeleny), டிண்டால் (Tyndall) போன்ற பல ஆய்வாளர்கள் நேர்மின் அயனிகள், எதிர்மின் அயனிகள் ஆகிய இரண்டினுடைய இயங்கு திறன்களையுமே பல வழிகளில் மதிப்பிட்டார்கள். நாம் இங்கே தொழில் நுட்பத்திலும், உயர்ந்த திருத்தத்தை அளிப்பதிலும் கவர்ச்சியான டிண்டாலின் முறையினைமட்டும் விவரிப்போம்.

ஒரே மாதிரியான நான்கு உலோக வலைத் தகடுகள் P, Q, R, S ஆகியவையும் ஒரு குவாட்ரன்ட் எலெக்ட்ரா மீட்டர் E உடன்

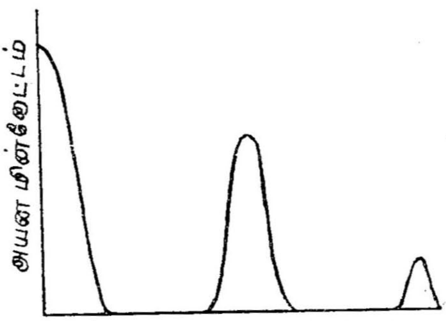


படம் 5.

இணைக்கப்பட்ட ஒரு சேகரிக்கும் தகடும் படம் 5-ல் காட்டியுள்ளது போல் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. P-க்கும் Q-க்குமிடையே ஓர் இரு திசை மின்னழுத்தமும் R-க்கும் S-க்குமிடையே ஓர் இரு திசை மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவ் விரு மின்னழுத்தங்களும் ஒத்த அதிர்வுநிலைகளில் (phase) இருக்கும். Q-க்கும் R-க்குமிடையே ஒரு நிலைத்த மின்புலம் நிலைநாட்டப்படுகிறது, அயனிகளின் அருவி ஒன்று P-ன் மீது விழும்படி செய்யும்போது அயனிகள் ஒரு பாதிச் சுழற்சியில் Q-ஆல் ஈர்க்கப்படுகின்றன. இவ்வாருக Q-ஐ அடையும் அயனிகள் Q-க்கும் R-க்குமிடையேயுள்ள புலத்தின் ஆட்சியில் செல்கின்றன. இவ்வாறு Q-க்கும் R-க்கும் இடையே செல்லுவதற்காகும் நேரம் அவற்றின் இயங்கு

திறனைப் பொறுத்திருக்கும். இந்த நேரம் இருதிசை மின்னழுத்தத்தின் அலைவு நேரத்தின் ஒரு முழு எண் பெருக்கத்திற் கியைந்திருந்தால் R-ஐ அடையும் அயனிகள் S வழியாகச் சென்று சேகரிக்கும் தகடு T-ஐ அடையும். இதற்கியைந்த அயன மின்னோட்டம் மின்மானி E-ஆல் பதிவுசெய்யப்படும்.

ஒரே ஓர் இயங்குதிறன் உடைய அயனிகளே உள்ளன எனத் தற்கோளாகக் கொண்டு, E-ஆல் பதிவு செய்யப்பட்ட மின்னோட்டத்திற்கும் PQ, RS ஆகியவற்றிற்குக் கொடுக்கப்பட்ட இருதிசை மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணிற்குமிடையே ஒரு வளைகோட்டை வரைந்தால் படம் 6-ல் காட்டியுள்ளது போல் குறைந்துகொண்டே செல்லும் உயரமுடைய பல உச்சி



படம் 6.

களைக் கொண்ட (peaks) ஒரு வளைகோடு கிடைக்கிறது. அடுத்தடுத்துத் தொடர்ந்துள்ள உச்சிகள் Q-க்கும் R-க்குமிடையேயுள்ள வெளியை இருதிசை முன்னழுத்தத்தின் அலைவு நேரத்தைப் போல் ஒன்று, இரண்டு, மூன்று......போன்ற நேரங்களில் கடக்கின்ற அயனிகளுக்கியைந்தவையாகும். ஒவ்வோர் உச்சிக்கும் இயைந்த அதிர்வெண்ணிலிருந்து தெரிந்த ஒரு மின்புலத்தின் QR தூரத்தைக் கடப்பதற்கு அயனிகள் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரத்தைக் கண்டுபிடித்து இயங்குதிறன் கணக்கிடப்படுகிறது. பல்வேறு இயங்குதிறன்கள் கொண்ட அயனிகள் இருக்குமானல் ஒவ்வொன்றும் அதற்கேயுரிய தற்சிறப்பு உச்சிகளை உண்டு பண்ணும். இருதிசை மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணைக் கவனமாகக் கட்டுப்படுத்தி உயர்ந்த திருத்தமுடைய முடிவுகளைப் பெறமுடியும்.

அயனிகள் முதிர்ச்சியடைதல் (Ageing of Ions) கொத்து உருவாதல் (cluster formation) : அயனிகள் தோன்றியபின் மிகக் குறுகிய நேரத்திலேயே கொத்துகள் உருவாதல் அயன இயங்குதிறன்களை அளவிடுதலைச் சிக்கலாக்கும் ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். அயனிகள் தனித்தனியான அயனியாக்கம் பெற்ற மூலக்கூறுகளாக இல்லாமல் மற்ற மூலக்கூறுகளுடன் சேர்ந்து கொத்துக் கொத்தாக உருக்கொள்கின்றன. H_2O போன்ற மற்ற வாயுக்கள் அல்லது ஆவிகளின் முனைவு மூலக்கூறுகள் (Polar molecules) மாசுகளாக இருக்கும்போது இது சிறப்பாக நிகழ்கிறது. சிறு அளவில் முனைவு மாசுகள் (polar impurities) இருந்தால் இயங்குதிறன் ஏறத்தாழ இரண்டு வினாடி நேரம் வரையில் சீராகக் குறைந்துகொண்டே செல்கிறது. சாதாரண வெப்பநிலைகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட மூலக்கூறு கிட்டத்தட்ட 10^{n} மோதல்களை இரண்டு வினாடிகளில் செய்யக்கூடுமாதலால் நீர்-ஆவிச் சுவடுகள் போன்ற நுண்ணிய அளவு முனைவு மாசுகூடக் கொத்துகள் உருவாவதற்குப் போதுமானது. எனவே தூய உலர்ந்த (dry) உருவிலுள்ள வாயுக்களைக் கையாளுவதில் மிகுந்த கவனம் செலுத்த வேண்டும்; புத்தம் புதிதாக உருவாகும் அயனிகளைக் கொண்டு கொத்து உருவாதல் நிலைபெறுவதற்கு முன்னதாகவே காட்சிப் பதிவு செய்ய வேண்டும். இந்த நிலைகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட வாயுவிலுள்ள ஒவ்வோர் அயனியும் அதற்கே உரிய இயங்குதிறன் எண்ணைப் (Specific mobility) பெற்றுள்ளது. இயங்குதிறனானது அயனிகளின் தன்மை, அயன நிறை அயனிகள் இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் வாயுவின் அழுத்தம், வெப்பநிலை போன்றவற்றை எவ்வாறு சார்ந்திருக்கிறதென்பதனைப்பற்றிய பின்வரும் ஆய்வுகளில் நாம் மேலே கூறிய இயங்குதிறன் எண்ணில்தான் சிறப்பாக அக்கறை கொண்டுள்ளோம்.

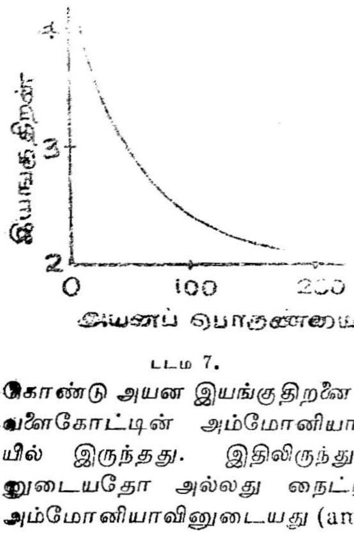
இயங்கு திறனும் அயனிகளின் தன்மையும்

ஆரம்பகாலத் தோராயமான காட்சிப் பதிவுகள் எதிர்மின் அயனிகளின் இயங்குதிறன் நேர்மின் அயனிகளின் இயங்குதிறனை விடப் பொதுவாக அதிகமாக இருக்கிறதெனக் காட்டின. ஆனால், குறுகிய காலமே வாழ்கின்ற அயனிகள் பற்றிய மிகவும் அண்மைக் காலத்திய, கவனமான ஆய்வுகள் (அவை குறுகிய காலமே வாழ்வதால் கொத்துகள் உருவாவதன் முன்னர் ஆய்வு செய்யப் படவேண்டும்) நேர்மின் அயனிகள், எதிர்மின் அயனிகள் ஆகிய இரண்டுமே ஆரம்பத்தில் ஒரே இயங்கு திறனைத்தான் பெற்றிருக்கின்றன எனக் காட்டின. எனவே, தொடர்ந்து ஏற்படும் எந்த வேறுபாடுகளையும், வேறுபாடு உண்டுபண்ணும் முனைவுக்கொத்துகளின் மீதே ஏற்றிச் சொல்ல வேண்டும். பயன்படுத்தப்பட்ட

வாயுக்கள் மிக நன்றாகத் தூய்மைப்படுத்தப் பெற்றுத் தாழ் அழுத்தங்களில் காட்சிப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டபோது இரு வகை அயனிகளின் இயங்குதிறன்களும் அதிகரித்தன. அதிலும் குறிப்பாக எதிர்மின் அயனியின் திறன் உயர்ந்தது. எதிர்மின் அயனியின் திறன் உயர்வதற்குரிய காரணம், அது உடனிருக்கிற மூலக்கூறினை உதறி எறிந்துவிட்டுக் கட்டுப்பாடில்லா எலெக்ட்ரானாக முயலும் தன்மையே என்பது தெளிவு.

இயங்கு திறனும் அயன நிறையும்

டிண்டாலும் அவருடன் உழைத்தோர்களும் பல தனிமங்களின் அயனிகளது இயங்கு திறன்களைப் பல்வேறு வாயுக்களில் கொத்து உருவாகாத நிலைகளில் பல காட்சிப் பதிவுகள் செய்து ஒரு குறிப்பிட்ட வாயுவிற்கு இயங்கு திறனானது அயன நிறைக்கேற்ப ஒழுங்காகக் குறைகிறது எனவும், இந்த உண்மையானது இயங்கு திறன் அயன நிறையினாலேயே நிச்சயிக்கப்படுகிறது என்பதனை உறுதி செய்கிறது எனவும் முடிவு கட்டினார்கள். அயன நிறைக்கும் இயங்கு திறனுக்குமிடையே வரையப்பட்ட வரைகோடு படம் 7-ல் காட்டியுள்ள உருவத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. இத்தகைய வளைகோடுகள் சிலவகை அயனிகளைப் பற்றிய தகவல்களைப் பெறுவதில் மிகுந்த பயனுடையன. காட்டாக, நைட்ரஜன் இடைநிலைப் பொருளாக இருக்கும்போது, ஹைட்ரஜனைக் கொண்டு அயன இயங்குதிறனை அளந்தபோது கிடைத்த மதிப்பு வளைகோட்டின் அம்மோனியாவின் நிறைக்கு இயைந்த புள்ளியில் இருந்தது. இதிலிருந்து அந்த அயனிகள் ஹைட்ரஜனுடையதோ அல்லது நைட்ரஜனுடையதோ அன்று; ஆனால், அம்மோனியாவினுடையது (ammonia) எனத் தெரிகிறது.



படம் 7.

லாஞ்சவின், இயக்கக் கொள்கையின் தத்துவங்களைப் பயன்படுத்திக் கொண்டும் அயனிகள் வாயு மூலக் கூறுகளை முனை கொள்ளச் செய்யக் கூடுமென எளிமைப்படுத்தும் தற்கோளைச் செய்துகொண்டும் நிறைக்கும் இயங்குதிறனுக்குமிடையே யொரு கொள்கைத் தொடர்பை வருவித்தார். அதாவது, $k = C\left(1 + \frac{m}{M}\right)^{\frac{1}{2}}$. இங்கே M என்பது m நிறையுடைய மூலக்

கூறுகளாலான வாயுவின் ஊடே இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் ஒரு அயனியின் நிறையும், C என்பது விகிதத் தொடர்பின் மாறிலியும் ஆகும். இத் தொடர்பின் துணைகொண்டு கீழ்க்கண்ட சுவையான பிரச்சினைகள் சமாளிக்கப்பட்டன.

(அ) கொத்துகள் வளர்ச்சி : ஒரு கொத்து வளரும் வீதத்தை ஒரு அயனி பிறந்த உடனடியாக அடுத்தடுத்த குறுகிய கால இடைவெளிகளில் இயங்குதிறன்களை அளப்பதின் வாயிலாக ஆராய முடியும். நீர் ஆவி போன்ற ஒரு முனைவு மாசு இருக்கும்போது கொத்து அதன் நிறை நிலையான முழு அளவிற்கு வளர்கிறதெனக் கண்டறியப்பட்டது. இம் முழு அளவு பல மூலக்கூறுகளால் ஆனது; மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை இரண்டிலிருந்து ஏறத்தாழப் பன்னிரண்டு வரை மாறக்கூடும்.

(ஆ) இயங்குதிறன்மீது கொத்து உருவாவதன் விளைவு: கொத்து உருவாவதால் மிகப் பெரிதாக அதிகரிக்கும் நிறைகூட இயங்குதிறன்மீது ஒப்பீட்டில் குறைந்த வீத விளைவையே உண்டுபண்ணுகிறதெனக் காட்டலாம்.

இயங்குதிறனும் அழுத்தமும்

மோதல்களுக்கிடையே செல்லும் சராசரி நேரம் t ஆனது வாயுவின் அழுத்தம் p-க்கு எதிர் விகிதத்தில் இருப்பதால் $v = \frac{Xe}{2M}$ எனும் தொடர்பிலிருந்து $v = \frac{A \cdot X}{P}$ என எழுதலாம். இங்கே A என்பது ஒரு மாறிலி. இயக்கக் கொள்கையின் எடுகோள்களிலிருந்து வருவிக்கப்பட்ட இத் தொடர்பு இழுப்பு வேகம் v வெப்பக் கிளர்ச்சியின் (thermal agitation) வேகத்துடன் ஒப்பிடச் சிறிதாக இருந்தால்தான் உண்மையாக இருக்கும். இரு வேகங்களும் ஒப்பிடக்கூடிய அளவிலிருந்தால்,

$$v = A\left(\frac{X}{p}\right) + B\left(\frac{X}{p}\right)^2$$

எனும் வடிவிலுள்ள செயலறிவால் தெரிந்துகொள்ளப்படுகிற வேறொரு தொடர்பினைச் சோதனை முடிவுகளுக்குக் காரணம் கூறுவதற்குப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஒரு தொடர்பிலிருந்து மற்றொன்றிற்கு மாறும் நிலை சற்றுத் தீர்வு கட்டமானது. அயன நிறை எவ்வளவுக் கெவ்வளவு சிறிதாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக் கவ்வளவு $\frac{X}{p}$-ன் உயர்ந்த மதிப்பில் இது நிகழ்கிறது.

மாசுகள் இருத்தலையும் அதன் விளைவாகக் கொத்துகள் உருவாதலையும் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளாத ஆரம்ப கால ஆராய்ச்சிகள் $v \propto \frac{X}{p}$ எனும் எளிய தொடர்பு அழுத்தத்தின் அகன்ற எல்லைகளில் செல்லுபடியாகிறதெனக் கண்டன. ஆனால், தூய, உலர்ந்த நிலையில் வாயுவினை எடுத்துக் கொண்டு செய்யப்பட்ட பிந்தையத் தேர்வாய்வுகள் 0·1-க்கு மேற்பட்ட $\frac{X}{p}$-ன் மதிப்புகளுக்கு எதிர்மின் அயனிகள் கொத்து உருவத்தை உதறிவிட்டு எலெக்ட்ரான்களாக மாறக்கூடிய வகையில் எதிர்மின் அயனிகளின் இயங்கு திறன்கள் கடுவேகமாக அதிகரிக்கிறதெனக் காட்டின.

இயங்கு திறனும் வெப்பநிலையும்

டிண்டால் இயங்கு திறன்களைப் பலவேறு வெப்பநிலைகளில் அளந்து, இயங்குதிறன் முதலில் ஒரு பெருமத்திற்கு உயர்ந்து பிறகு குறைகிறது எனக் கண்டார். சோதனை விவரங்களை $k = BT^{\frac{1}{2}}/(C + T)$ எனும் வடிவிலுள்ள ஒரு தொடர்பால் குறிக்கக்கூடும். இங்கே B-ம் C-ம் மாறிலிகள், T தனி வெப்பநிலை. நேர்மின் அயனிகளுக்குப் பெரும மதிப்பு அறைவின் வெப்ப நிலையிலும் எதிர்மின் அயனிகளுக்கு 40° செ. லும் கிட்டியது.

3. அயனிகள் சிதைவுறுதல்—மீண்டும் சேர்தல்

ஓர் அயனி அதற்கு எதிர் மின்னூட்டம் பெற்ற மற்றோர் அயனியுடன் மீண்டும் இணையும்போது மறைந்து விடுகிறது. நேர்மின் அயனிகளும் எதிர்மின் அயனிகளும் மீண்டும் இணைதல் நிகழ்வதன் செயல் முறைமை (mechanism) வாயுவின் இயக்க அசைவுகளாலேயே விளைகிறதென்பது தெளிவு. இந் நிகழ்ச்சியை மீண்டும் இணைதல் எண் (coefficient of recombination) எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவினால் ஆராய்வது வழக்கம்.

ஒரு வினாடியில் ஓர் அலகு பருமனில் ஒவ்வொரு வகையிலும் q அயனிகளை உண்டாக்கும் அயனியாக்கச் செயலி ஒன்றிற்கு உட்படுத்தப்படும் ஒரு வாயுவினை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன் ஓர் அலகு பருமனில் ஒரு குறிப்பிட்ட t நேரத்தில் n நேர்மின் அயனிகளும் n எதிர்மின் அயனிகளும் இருப்பதாகக் கொள்வோம். ஒரு நேர்மின் அயனி n எதிர்மின் அயனிகளில் ஏதேனுமொன்றின் மீது மோதலுக்கான வாய்ப்பு n-க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். n நேர்மின் அயனிகள் இருப்பதனால் ஒரு வினாடியில் நேர், எதிர்

மின் அயனிகளுக்கிடையே ஏற்படக்கூடிய மோதல்கள் n^2-க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்; அ-து., αn^2-க்குச் சமம். இங்கே α என்பது மீண்டும் இணைதல் எண் எனப்படும் ஒரு மாறிலி. இந்த எண் மீண்டும் இணைதலை உண்டாக்கும் மோதல்களின் பின்னத்தைக் கொடுக்கும்.

நாம் எடுத்துக் கொண்ட அந்தக் கணத்தில் ஒவ்வொரு வகை அயனியும் அதிகரிக்கும் வீதம் அயனியாக்கும் செயலியால் ஒரு விநாடியில் உண்டாக்கப்படும் எண்ணிக்கைக்கும் மீண்டும் இணைதலால் ஒரு விநாடியில் மறைகின்ற எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள வேறுபாடாக இருக்கும். எனவே,

$$\frac{dn}{dt} = q - \alpha n^2 \qquad \dots (1)$$

(1) அயனியாக்கம் மாறாமலிருந்தால், $\frac{dn}{dt} = 0$, $q = \alpha n^2$, அ-து., உற்பத்தி வீதமும் மீண்டும் இணையும் வீதமும் சமமாக இருக்கிறது. இப்போது, கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு E ஆகவும், நேர்மின் அயனி, எதிர்மின் அயனி ஆகியவற்றின் இயங்குதிறன்கள் முறையே v_+, v_- ஆகவும் இருந்தால், அதற்கியைந்த அயனியாக்க மின்னோட்டம் I ஆனது அயனிகளின் இயக்கத்திற்கு நேர்குத்தான திசையில் a பரப்பளவினைத் தாண்டிச் செல்லும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை, அயனிகளின் மீதுள்ள மின்னூட்டம், மின்னழுத்தச் சரிவு வீதம் (potential gradient) $\frac{E}{l}$ (இங்கே l என்பது மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலைநாட்டப்படும் நிலைகளுக்கிடையேயுள்ள தூரம்) ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகை ஆனதால்,

$$I = a n e \left(v_+ + v_-\right) \frac{E}{l}.$$

அயனியாக்க மின்னோட்டத்தின் நிறைநிலை மதிப்பு I_s ஆனது $q\,a\,l\,e$-க்குச் சமமானதால்

$$\frac{I}{I_s} = \frac{a n e \left(v_+ + v_-\right) E/l}{q a l e} = \frac{n \left(v_+ + v_-\right) E}{q\, l^2}$$

$$n = \left(\frac{q}{\alpha}\right)^{\frac{1}{2}} \text{ ஆனதால்}$$

$$\frac{I}{I_s} = \frac{\left(v_+ + v_-\right) E}{\sqrt{q\alpha} \cdot l^2} \qquad \dots\dots (2)$$

இத் தொடர்பில் I, E தவிர மற்ற எல்லா உறுப்புகளும் மாறிலிகள் ஆனதால் அயனியாக்க மின்னோட்டம், துவக்க நிலைகளில் சோதனை காட்டியதுபோல, கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கிறது.

(2) அயனியாக்கும் செயலி நீக்கப்பட்டால் $q = 0$, எனவே, தொடர்பு (1) லிருந்து $\frac{dn}{dt} = -\lambda n^2$

அல்லது $\frac{dn}{n^2} = -\lambda dt$ என்பதனைப் பெறுகிறோம்.

தொகுநி காணில் (Integrating),

$$-\frac{1}{n} = -\lambda t + C$$ (C என்பது தொகுநியின் மாறிலி)

C-ன் மதிப்பைக் காண்பதற்கு. துவக்க நிபந்தனைகளைப் பயன்படுத்த, அ-து., $t = 0$-ல் (செயலி நீக்கப்படும் அந்தக் கணத்தில்) ஓர் அலகு பருமனில் ஒவ்வொரு வகை அயனியின் எண்ணிக்கை n_0 ஆனால்,

$C = -\frac{1}{n_0}$ எனப் பெறுகிறோம்.

எனவே : $-\frac{1}{n} = -\lambda t - \frac{1}{n_0}$

அ-து., $\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} = \lambda t$

$$\therefore \quad n = \frac{n_0}{1 + n_0 \lambda t} \qquad \ldots\ldots (3)$$

$T = \frac{1}{n_0 \lambda}$ நேரத்தில் n-ன் மதிப்பு $\frac{n_0}{2}$ ஆக இருக்கும். அ-து., அயனியாக்கும் அதன் ஆரம்ப மதிப்பில் பாதிக்குக் குறையும் என இத் தொடர்பிலிருந்து தெரிகிறது.

மேற்கண்ட தொடர்பு (3) ஐச் சோதனைவாயிலாகக் கீழ்க் கண்டவாறு ரூதர்ஃபோர்டு சரிபார்த்தார். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் கழிந்த பின்னர் அயனியாக்கும் செயலி வெட்டப்பட்டு அயனிகள் சேகரிக்கும் தகடுகளை நோக்கி ஒரு தீவிரமான புலத்தினால் விரட்டப்பட்டு n-க்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும் மின்னூட்டம் குறிக்கப்பெற்றது. பல்வேறு கால இடைவெளிகளில் இது திரும்பத் திரும்பச் செய்யப்பட்டது.

அயனியாக்கத்தை அதன் ஆரம்ப மதிப்பில் பாதியாகக் குறைப்பதற்குத் தேவையான நேரம் T ஐக் கண்டுபிடித்து

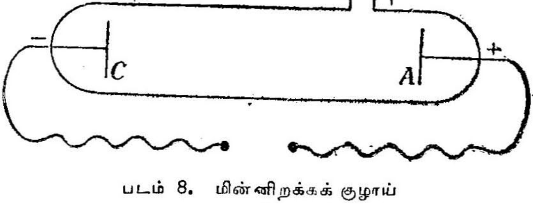
மீண்டும் இணையும் கெழு λ ஐ அளக்கக்கூடும். அப்போது, n_0, T ஆகியவை தெரியுமாதலால், $\lambda = \frac{1}{n_0 T}$ எனும் தொடர்பைப் பயன்படுத்தி λ கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ரூதர்ஃபோர்டு λ-ன் மதிப்பு காற்றிற்கு $1{\cdot}58 \times 10^{-6}$ எனவும், ஹைட்ரஜனுக்கு $1{\cdot}42 \times 10^{-6}$ எனவும் மற்ற வாயுக்களுக்கு இவற்றை யொத்த மதிப்புகளையும் பெற்றார். λ-ன் மதிப்பை முழு எண்ணுக்கி 10^{-6} என எடுத்துக் கொண்டால், ஆரம்பத்தில் ஓர் அலகு பருமனில் 10^6 அயனிகளோடு தொடங்க ஒரு விஞடியில் அவற்றுள் பாதி மீண்டும் இணைந்துவிடும். ரூதர்ஃபோர்டு, லாஞ்சவின், டவுன்ஸெண்ட் ஆகியோர் நடத்திய சோதனைகள், λ-ன் மதிப்பு வாயுவின் தன்மைக்கும், அழுத்தத்திற்குமேற்ப ஒரு சிக்கலான முறையில் மாறுகிறதெனக் கண்டனர். இந்தச் சிக்கலான முறை என்ன என்பது இதுவரை முழுதும் புரிந்துகொள்ளப்படவில்லை.

தாழ் அழுத்தங்களில் வாயுக்களின் வழியாக மின்சாரம் செல்லுதல்

தாழ் அழுத்தங்களில் மின்னிறக்கம் அணு பௌதிகத்திற்கு முக்கியமான புதிய, கவர்ச்சியான நிகழ்ச்சிகளை விளைவித்தது. இந் நிகழ்ச்சிகளை மிகுந்த கவனத்துடன் ஆராய்ந்ததால்தான், எலெக்ட்ரான்களும் எக்ஸ் கதிர்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. தனித்தனி அணுக்களின் தன்மையும் பண்புகளும் நிலைநாட்டப்பெற்றன.

மின்னிறக்கக் குழாய் (Discharge tube)

தாழ் அழுத்தங்களில் வாயுக்களின் வழியாக மின்சாரம் பாயச் செய்யவும் அதனைப் பகுத்தாராயவும் வழிகோலும் ஓர் எளிய



படம் 8. மின்னிறக்கக் குழாய்

சோதனை அமைப்பு மின்னிறக்கக் குழாய் எனப்படும் (படம்8). இது ஏறத்தாழ 30 செ.மீ. நீளமும், 4 செ.மீ. விட்டமும் உடைய

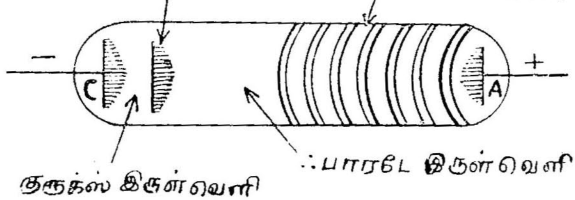
வலுவான ஒரு கண்ணாடிக் குழாயாலானது. இக் குழாய் இருமுனைகளிலும் மூடப்பட்டிருக்கும்; இதில் C, A என்ற இரு உலோக மின்வாய்களும், குழாயினை உயர்வெற்றிடமாக்கி ஒன்றுடனும், தாழ் அழுத்த அளவி (low pressure gauge) ஒன்றுடனும் இணைப்பதற்கெனப் பக்கக் குழாய் P ஒன்றும் உள்ளன. மிகத் தாழ்ந்த அழுத்தங்களைப் பெறுவதற்காக மூலக்கூறு பம்பும் (molecular pump) எஞ்சிய வாயுவின் பெரும் பகுதியை உறிஞ்சிவிடும் பண்புடைய காற்றுத் திரவத்தால் குளிர்விக்கப்பட்ட அடுப்புக்கரியும் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இரு மின்வாய்களும் 50,000 வோல்ட்டுகளும் அதற்கு மேலும் உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் கொடுக்கக்கூடிய, திறம் வாய்ந்த ஓர் தூண்டுச் சுருளின் (induction coil) துணைச் சுருளுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. எதிர்மின்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்வாய் எதிர்மின் வாய் (C) எனவும் நேர்மின்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருப்பது மாற்று எதிர்மின்வாய் (anti-cathode) (A) எனவும் அழைக்கப் படுகின்றன.

மின்னிறக்கக் குழாயில் காணப்படும் நிகழ்ச்சி

பம்பினை இயக்கி மின்னிறக்கக் குழாயிலுள்ள வாயுவின் அழுத்தத்தைப் படிப்படியாகக் குறைக்கும்போது கீழே கண்ட நிகழ்ச்சி நிரல் ஒன்றைத் தொடர்ந்து ஒன்றாக நடைபெறக் காணப்படுகிறது. அழுத்தம் ஏறத்தாழ 1 செ.மீ. பாதரசம் ஆக இருக்கும் போது குழாயின் குறுக்கே சடசடவெனும் ஒலியுடன் (crackling noise) ஒழுங்கற்ற ஊதா நிறப் (violet) பொறிகள் பறக்கின்றன. அழுத்தம் ஏறத்தாழ 0·5 செ.மீ. பாதரசத்திற்குக் குறைக்கப் படும்போது மின்னிறக்க நிலையானதாகிறது. சடசட ஒலி கூடிய ஒளிக் கீற்றுகள் அகலமாகி ஓர் ஒளிப்பாளமாகிறது (luminous column); அத்துடன் தொடர்ச்சியாக முரல் ஒலி (buzzing sound) கேட்கும்; இந்தப் பாளம் நேர்மின் வாய் A-லிருந்து அனேகமாக எதிர்மின்வாய் C வரை நீண்டிருக்கும்; இதன் நிறம் குழாயிலுள்ள வாயுவின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கும். காற்றுக்குச் சிவப்பாகவும், நியானுக்குப் பொலிவு மிக்க சிவப்பாகவும், கார்பன் டையாக்சைடுக்கு நீல வெள்ளையாகவும் இருக்கும்; மற்றவற்றிற்கும் இவ்வாறே. இந்த ஒளிப்பாளம் நேர் ஒளிப்பாளம் (positive column) எனப்படும். வெற்றிடமாக்கும் செயல் மேலும் தொடரப் பெற்று அழுத்தம் கிட்டத்தட்ட 2 மி.மீ. ஆகும்போது மின்னிறக்கத்தின் இருமுனைகளுக்குமிடையே ஒரு வேறுபாடு தெரிகிறது; எதிர்மின்வாய்க்கருகில்

ஒரு நீல ஒளி தெரியும்; இந்த நீல ஒளி நேர் ஒளிப்பாளத்தி லிருந்து விடுபட்டிருக்கும். எதிர்மின் வாயிலுள்ள ஒளிப்பகுதி எதிர்ப் பிறங்கொளி (negative glow) அல்லது எதிர்மின் வாய்ப் பிறங்கொளி (cathode glow) எனப்படும்; இந்தப் பிறங்கொளிக்கும் நேர் ஒளிப் பாளத்திற்கும் இடைப்பட்ட இருண்டவெளி ஃபாரடே இருள்வெளி (Faraday dark space) எனப்படும் அழுத்தம் 1 மி.மீ. ஐ அடையும்போது நேர் ஒளிப்பாளம் குறுகுகிறது. ஃபாரடே இருள் வெளி அதிக நீளத்திற்கு விரிகிறது. அழுத்தத்தை மேலும் குறைத்தால் எதிர்ப் பிறங்கொளி எதிர்மின் வாயிலிருந்து விடுபட்டு எதிர்மின்வாய்ப் பிறங்கொளிக்கும் எதிர்மின் வாய்க்குமிடையே குருக்ஸ் இருள்வெளி (Crookes dark space) எனப்படும் இரண்டாவது இருள்வெளி ஒன்று உருவாகிறது. அழுத்தம் 0·1 மி.-மீக்கு இறங்கும்போது குருக்ஸ் இருள்வெளி யின் நீளம் அதிகரிக்கிறது. நேர் ஒளிப்பாளம் வரிப்பட்டைகள் (striations) எனப்படும் ஒளி இருள் பட்டைகளாக உடைகிறது. இந்நிலைகளில், மின்னிறக்கக் குழாய் படம் 9-ல் காட்டியுள்ள தோற்றத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. அதில் தனித்தனியான நான்கு பகுதிகள் உள்ளன. அவையாவன: (i) குருக்ஸ் இருள் வெளி (ii) எதிர்ப் பிறங்கொளி, (iii) ஃபாரடே இருள் வெளி, (iv) வரி வரியான நேர் ஒளிப்பாளம்.

அழுத்தத்தை மேலும் குறைக்கக் குழாயின் வெளிச்சம் குறைகிறது, வரிப்பட்டைகள் நேர்மின் வாயை நோக்கிப் பின்



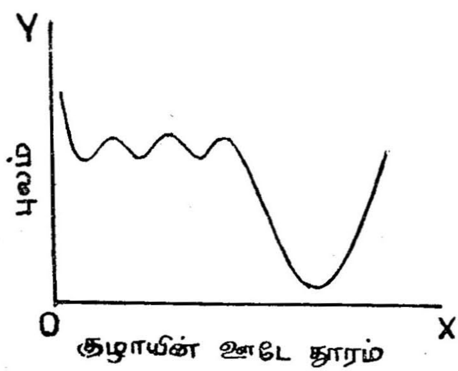
படம் 9. ஏறத்தாழ 0·1 மி.மீ. அழுத்தத்தில் மின்னிழப்புக் குழாயின் தோற்றர்.

வாங்கி இறுதியில் மறைந்து விடுகின்றன. குருக்ஸ் இருள்வெளியும், எதிர்மின்வாய்ப் பிறங்கொளியும் விரிகின்றன. அப்போது எதிர் மின்வாய்ப் பிறங்கொளி சரியாக வரையறுக்கப்படாமல் தெளி வற்று இறுதியில் மறைந்துவிடுகிறது. ஏறத்தாழ 0·01 மி.மீ. அழுத்தத்தில் குருக்ஸ் இருள்வெளி அனேகமாகக் குழாய் முழு வதையுமே நிரப்பி விடுகிறது. அப்பொழுது ஒரு புதிய நிகழ்ச்சி படிப்படியாகத் தோன்றுகிறது. குழாயின் சுவர்கள் நீல அல்லது

பச்சை ஒளி வீச ஆரம்பிக்கின்றன. இவ் வொளியின் நிறம் குழாயின் சுவர்களைச் செய்யப் பயன்பட்ட கண்ணுடியின் சேர்க்கை வீதத்தைப் பொறுத்திருக்கும். இது ஒளிர்தல் (flourescence) எனப்படும். இது குருக்ஸ் இருள் வெளியிலுள்ள ஏதோ சில கண்ணுக்குத் தெரியாத செயலி (இது பின்னர் எதிர் முனைக் கதிர்கள் என அழைக்கப்பெற்றது). குழாயின் சுவர்களை மோதலினல் விளைகின்ற எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படும் ஒரு புது வகைக் கதிர்வீச்சின் செயலால் ஏற்படுகிறது. இதற்கு மேலும் தொடர்ந்து வெற்றிடமாக்கினுல் மின்னிறக்கம் ஏற்படுவது கடினமாகிக் கொண்டே செல்லும், இறுதியில் குழாய் வேலை செய்ய மறுத்து விடும்.

விளக்கம்

மின்னிறக்கத்தின் தோற்றம் அழுத்தத்திற்கேற்ப மாறுவது குழாயின் ஊடே மின்புலப் பங்கீடு வாயுவின் அழுத்தத்திலேற்படுகின்ற மாறுதல்களால் பெரிதும் பாதிக்கப்படுகிறதென்பதனைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. ஆய்தற்குப் பயன்படும் காப்பிடப்பெற்ற ஒரு மின்வாயினைக் கொண்டு இந்தப் புலப் பங்கீட்டினைக் கண்டுபிடிக்கலாம். மின்னிறக்கக் குழாய் படம் 9-ல் காட்டப்பட்டுள்ள தோற்றத்தைக் கொண்டிருக்கும் போது கிடைக்கும் முடிவுகள் படம் 10-ல் உள்ள ஒரு வளை



படம் 10. ஏறத்தாழ 0·1 மி.மீ. அழுத்தத்தில் மின்னிழப்புக் குழாயில் புலப்பங்கீடு.

கோட்டினல் விளக்கிக் காட்டப்பட்டுள்ளன. மின்னழுத்த இறக்கம் குருக்ஸ் இருள்வெளியில் பெரிதாக இருக்கிறது. சிறு சிறு பள்ளங்களையுடைய தட்டையான பகுதி நேர் ஒளிப் பாளத்திலுள்ள சீரான மின்னழுத்தச் சரிவு வீதத்தைக் குறிக்கிறது. வரிவரியான இருள்பட்டை ஒவ்வொன்றும் உண்டாகுமிடத்தில் புலத்தின் மதிப்புக் குறைதலைப் பள்ளம் குறிக்கிறது இயல்பான எதிர் மின்னழுத்த இறக்கம் (fall of potential)

பொறி துவக்கும் மின்னழுத்தத்தின் சிறும மதிப்பிற்குத் தோராய மாகச் சமமாக உள்ளது—அதாவது கிட்டத்தட்ட 300 லிருந்து 400 வோல்ட்டுகள். பல்வேறு பொருள்களால் செய்யப்பட்ட மின்வாய்களுக்கும், பல்வேறு நீளமுள்ள எல்லா மின்னிறக்கக் குழாய்களுக்கும் இதே மதிப்புத்தான் உள்ளது. எனவே, எதிர் மின்வாயில் நிகழும் நிகழ்ச்சிதான் மின்னிறக்கத்திற்கு இன்றி யமையாதது எனவும் நேர் மின் வாய் ஒரு துணைப் பொருளாகவே இருக்கிறது எனவும் தோன்றுகிறது. எதிர் மின்வாய்க்கு ஒரு தகட்டிற்குப் பதிலாக ஒரு சூடாக்கப்பட்ட இழையைப் பயன் படுத்தினுல் எதிர் மின்வாய்ப் பிறங்கொளியும் குரூக்ஸ் இருள் வெளியும் மறைந்து விடுகின்றன, மின்னிழப்பை நிலைநாட்டு வதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் கணிசமாகக் குறை கிறது.

மின்னிறக்கக் குழாயில் வாயுவின் அழுத்தத்தை படிப்படி யாகக் குறைக்கும்போது ஏற்படுகின்ற பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளையும் கீழ்க்கண்ட நன்கு நிலைநாட்டப்பட்டுள்ள இரு உண்மைகளின் அடிப்படையில் பொதுவாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். அவ் வுண்மைகளாவன: (i) மோதலினுல் அயனியாக்கம், (ii) தூண்டப் பெற்ற அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் ஒளியை வெளிவிடும் ஆற்றல் படைத்தவை; ஆனுல், இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் அவ்வாறன்று. குழாயிலுள்ள வாயுவின் மூலக்கூறுகளில் சில மின்புலத்தின் ஆட்சியினுல் அயனியாக்கம் பெற்று நேர்மின் அயனிகளையும் எதிர் மின் அயனிகளையும் உருவாக்கும். அயனியாக்கும் செயல்முறை மின் நடுநிலையிலுள்ள மூலக்கூறுகளை அவற்றின் ஆக்கக்கூருகிய எலெக்ட்ரான்கள் எனப்படும் எதிர்மின்னேற்றமுடைய துகள்களை இழக்கச் செய்கிறது. வெளியேற்றப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் விரைவிலேயே மின்நடுநிலையிலுள்ள மூலக்கூறுகளுடன் இணைந்து எதிர்மின் அயனிகளை உருவாக்குகின்றன. தாழ் அழுத்தத்தில் அவை நடுநிலை மூலக்கூறுகளுடன் இணைவதற்கு முன்னுல் நெடு நேரம் தனித்துக் கட்டுப்பாடில்லாமல் இயங்க முடியுமானுலும் இவை மேற்கண்டவாறு நடுநிலை மூலக்கூறுகளுடன் இயைந்து எதிர்மின் அயனிகளை உண்டாக்குகின்றன. தாழ் அழுத்தத்தில் உள்ள மின்னிறக்கக் குழாயில் மிகுந்திருக்கும் இத்தகைய கட்டுப் பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்கள்தாம் காணப்பெறும் பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளுக்கும் பொறுப்பானவையாகும். அயனியாக்கம் ஏற் படும் அந்தக் கணத்தில் மூலக்கூறுகளிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் எஞ்சியிருக்கும் நேர்மின் அயனிகளைவிட ஒப் பீட்டில் உயர்ந்த இயங்குதிறனைப் பெற்றிருக்கும். இதன் விளை வாக இவை எதிர்மின் வாயின் அண்மையிலிருந்து கடுவேகமாக எதிர்த்துத் தள்ளப்படுகின்றன. இதனுல் எதிர்மின் வாயின்

அருகில் நேர்மின் அயனிகள் குவிக்கப் பெறுகின்றன. இதுதான் எதிர்மின் வாயின் அருகில் தீவிரமான மின்புலச்சரிவு வீதத்திற்கும், அதிகமான மின்னழுத்த இறக்கத்திற்கும் காரணம். வேக வளர்ச்சி பெற்ற நேர்மின் அயனிகள் எதிர்மின் வாயைத் தாக்கி மிகப்பல எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடச் செய்கின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மோதலினால் வாயு மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கு வதற்குப் போதுமான ஆற்றலைப் பெறுவதற்கு முன்னால் எதிர்மின் வாயின் அருகிலுள்ள தீவிரமான மின்புலத்தின் ஊடே முடுக்கம் பெற்றுச் சிறிது தூரம் செல்கின்றன. இயங்கும் எலெக்ட்ரான்கள் தாமாகவே கதிர்வீச்சினை வெளிவிடுவதில்லையாதலால் மூலக்கூறு களுடன் மோதலுக்கு முன்னால் அவை கடக்கும் வெளி இருண்டி ருக்கும் ; இது குருக்ஸ் இருண்ட வெளியாக அமைகிறது.

முடுக்கம் பெற்ற எலெக்ட்ரான்கள் இறுதியில் மூலக்கூறு களுடன் மோதி அவற்றை அயனியாக்குகின்றன. இவ் வயனிகள் ஒளியை வெளிவிடுகின்றன; இது எதிர்மின்வாய்ப் பிறங்கொளியாக உருவாகிறது. இம் மோதல்களால் விளைகின்ற நேர்மின் அயனிகள் எலெக்ட்ரான்களை மெதுவாகச் செல்லுமாறு செய்ய முயலு கின்றன. இதனால் எலெக்ட்ரான்கள் மூலக்கூறுகளை அயனியாக் கும் திறனைத் தாற்காலிகமாக இழக்கின்றன. எனவே, ஒளி வெளி விடப்படுதல் நின்று ஃபாரடே இருள் வெளியாகிய மற்றோர் இருண்ட பகுதி தோன்றுகிறது. புலச்சரிவினால் எலெக்ட்ரான்கள் தொடர்ந்து முடுக்கம் பெறுகின்றன. ஆனால், ஃபாரடே இருள் வெளியில் புலத்தின் செறிவு குறைவானதாதலால் எலெக்ட் ரான்கள் மூலக்கூறுகளை அயனியாக்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றலைப் பெறுவதற்கு முன்னால் முன்னிலும் மிக நீண்ட தூரம் செல்ல வேண்டியிருக்கும். மீண்டும் எலெக்ட்ரான்கள் மோதலி னால் அயனியாக்கும் வல்லமை பெறுகின்றன; இதனால் அயனியாக் கப்பட்ட மூலக்கூறுகளால் வெளிவிடப்படும் கதிர் வீச்சுகளால் வாயுவில் ஓர் ஒளி தோன்றுகிறது. இது நேர்மின் அயனிகளும் எலெக்ட்ரான்களும் தோன்ற, நேர் ஒளிப் பாளத்தின் துவக்கமாக அமைகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின்வாயை நோக்கி விரைந்து செல்கின்றன, அதே நேரத்தில் கனமான நேர்மின் அயனிகள் ஒன்றாகக் குவிந்து மீண்டும் எலெக்ட்ரான்கள் முன்னேறுவதைத் தடைசெய்து அவற்றை அவற்றின் அயனியாக்குந்திறனை இழக்கச் செய்கின்றன. எனவே, மீண்டும் ஓர் இருள் வெளி நேர் ஒளிப் பாளத்தில் தோன்றுகிறது. இந்த இருள் ஒளி ஒரு வரிப்பட்டை யாக அமைகிறது. நேர்மின்வாய் வரை நீண்டிருக்கும் நேர் ஒளிப் பாளத்தில் ஒளிப்பட்டையும் இருள்பட்டையும் மாறி மாறி உருவாவதற்குரிய காரணம் மேற்கூறிய செயல்முறை திரும்பத் திரும்ப நிகழ்வதே.

இருள்வெளி எவ்வளவு தூரத்திற்கு நீளும் என்பது எலெக்ட்ரான் மோதலில்லாமல் எவ்வளவு தூரம் செல்லமுடியும் என்பதனை, அ-து, எலெக்ட்ரானின் சராசரி மோதலிடைத் தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. வாயுவின் அழுத்தம் குறையக் குறைய சராசரி மோதலிடைத் தூரம் அதிகரிக்கிறது. எனவே, அழுத்தம் மேலும் மேலும் குறைக்கப்படப் பல்வேறு இருண்ட பகுதிகளும் நீளும். குழாயின் அளவையைவிடச் சராசரி மோதலிடைத்தூரம் பெரிதாக இருக்கக்கூடிய அளவில் அழுத்தம் குறைவாக இருக்கும் போது குழாயிலுள்ள வாயுவின் மூலக்கூறுகளின் மோதல் நிகழ்வதற்கு வாய்ப்பில்லாமல் போய் விடுதலானும் அதனுல் ஒளி உமிழப்படாதாதலானும் குழாய் முழுதுமே இருண்டு தோன்றும். இந்த நிலையில் குழாயின் சுவர்களுடன் மோதல்கள் ஏற்படக் கூடும், ஒளிர்தலால் ஒளி உமிழப்படலாம்.

எதிர்முனைக் கதிர்கள் (Cathode rays), நேர்மின் கதிர்கள் (Positive rays), எக்ஸ்-கதிர்கள் (X-rays) ஆகியவற்றின் கண்டுபிடிப்பு

மின்னிறக்கக் குழாயில் வெற்றிடமாக்கப்படும் பலநிலைகளில் காணப்படும் நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றிய மிகவும் கவனமான விரிவான பகுப்பாய்வுகள் எதிர்முனைக் கதிர்கள், நேர்மின் கதிர்கள், எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படும் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த வேறுபட்ட வகையான மூன்று கதிர் வீச்சுகள் உள்ளன வென்பதனை வெளிப்படுத்தின.

எதிர்முனைக் கதிர்கள் : இவைதான் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டவை. 1859-ல் ப்ளக்கர் (Plucker) என்பார் இதனைக் கண்டுபிடித்தார். மின்னிழப்புக் குழாயில் அழுத்தம் 0·01 மி.மீ. எனும் அளவில் இருக்கும்போது குரூக்ஸ் இருண்டவெளிக் குழாய் முழுவதையும் நிரப்பி விடுகிறதெனவும், குழாயின் சுவர்கள்மீது ஒளிர்தலைத் தோற்றுவிக்கிறதெனவும் முன்னரே குறிப்பிடப்பட்டது. சில குறிப்பிட்ட உப்புகள் (salts) இருள் வெளியில் வைக்கப்படும் போது ஒளிர்ந்தன. இவ் விளைவுகள் எதிர்மின் வாயின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெளிவிடப்படும் ஏதோ ஒரு கதிர் வீச்சினலேயே உண்டாக்கப்பட வேண்டும் எனத் தோன்றுகிறது. எனவே, இந்தக் கதிர்வீச்சு எதிர்முனைக் கதிர்கள் எனப் பெயரிடப்பட்டது. W. குரூக்ஸ், J. J. தாம்ஸன் (J. J. Thomson), J. பெர்ரின் மற்றோரால் செய்யப்பட்ட முறையான ஆய்வுகள் இந்தக் கதிர்களின் பல பண்புகளை உறுதிப்படுத்தியதோடல்லாமல் இக் கதிர்கள் கடு வேகமாகச் செல்லும் எதிர்மின்னூட்டமுடைய துகள்களின்—எலெக்ட்ரான்களின்—ஓர் அருவியே என்ற மிகவும் முக்கியமான உண்மையையும் நிலைநாட்டின. இந்த ஆராய்ச்சிகளால் பெறப்பட்ட முடிவுகளை இங்கே சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

(1) எதிர்முனைக் கதிர்கள் நேர்மின்வாய் எங்கிருந்தாலும் எதிர்மின் வாய்க்குச் செங்குத்தாக எரியப்படுகின்றன. அவை நேர்க்கோடுகளில் செல்கின்றன; ஏனெனில் ஒரு திடப்பொருளை மால்டீஸ் சிலுவை (Maltese cross) அவற்றின் பாதையில் வைத்தால் குழாயின் சுவரின்மீது கூர்மையான ஒரு நிழல் உண்டாகிறது.

(2) அவை ஓர் எந்திர அழுத்தத்தை அளிக்கவல்லவை. ஏனெனில், அவற்றின் பாதையில் வைக்கப்படும் லேசான ஒரு பொருள் அதனை எதிர்மின் வாயிலிருந்து அப்பால் நகர்த்த முயலும் ஒரு விசைக்கு உள்ளாகிறது. இவ்வாருக, ஓர் இருசின் (*a x l e*) மீது பொருத்தப்பட்ட விசிறி, இறகுகளை உடைய ஒரு இலேசான மைக்கா சக்கரம் அவற்றின் பாதையில் வைக்கப்படும் போது சுழற்றப்படுகிறது.



பேராசிரியர் வில்லியம் குரூக்ஸ் பேராசிரியர் ஜான்பெர்ரின்

(3) இக் கதிர்கள் பொருள்களின்மீது விழுந்தால் அவற்றைச் சூடாக்குகின்றன. எதிர்மின் வாயின் வடிவம் குழிவாகச் செய்யப்பட்டால் எதிர்முனைக் கதிர்கள் அதிலிருந்து செங்குத்தாக வெளிப்பட்டு ஒரு குவியத்திற்குக் கொண்டு வரப்படுகின்றன. இந்தக் குவியப் புள்ளியில் வைக்கப்படும் ஒரு மெல்லிய பிளாட்டினத் துண்டினை உருக்கிவிடவும் முடியும்.

(4) மிகப்பல படிகங்களும், தாதுப் பொருள்களும், உப்புகளும் எதிர்முனைக் கதிர்களால் மோதப்படும்போது 'பின்னும் ஒளிர்கின்றன' (phosphoresce). எ-டு. பொட்டாசியம் பிளாட்டினோ சயனைடு (potassium platinocyanide), நாக சல்ஃபைடு

zinc suphide) போன்றவை. இக்கதிர்களின் மற்ற தற்சிறப்புப் பண்புகளை ஆராய்வதற்கான பல சோதனைகளில் இப் பண்பு பயன் படுத்தப்படுகிறது.

5. இக் கதிர்கள் வாயுக்களின் வழியாகச் செல்லும்போது அவ் வாயுக்களை அயனியாக்குகின்றன. ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) காட்டியதுபோல் மெல்லிய தகடுகளை ஊடுருவிச் செல்கின்றன. அவை தகுந்த நிலைகளில் ஒரு திடப்பொருளைத் தாக்கும்போது அத் திடப்பொருள் எக்ஸ் கதிர்கள் எனப்படும் மிகுந்த ஊடுருவுந் திறன் வாய்ந்த கதிர்வீச்சின் தோற்றுவாயாக ஆகின்றது.

6. அவை மின்புலத்தாலும் காந்தப்புலத்தாலும் ஒதுக்கப் பெறுகின்றன; எதிர்மின்னூட்டமுடைய துகள்கள் எத்திசையில் ஒதுக்கப்படுமோ அத்திசையிலேயே இவையும் ஒதுக்கப் பெறுகின்றன—இது மிகுந்த தனிச் சிறப்புடைய ஒரு முடிவாகும்—இதுவே எதிர்முனைக் கதிர்கள் எலெக்ட்ரான்களே என இனம் கண்டுகொள்ள நேரடியாக வழி செய்தது. ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் நிலைநிறுத்தப் பெற்றுள்ள ஒரு சோடி உலோகத் தகடுகளை எதிர்முனைக் கதிர்கள் செல்லும் திசைக்குச் செங்கோணத்தில் மின்புலம் இருக்குமாறு மின்னிறக்கக் குழாயினுள் அமைத்து எதிர்முனைக் கதிர்களை அத் தகடுகட்கிடையே செலுத்தினால் அவை நேர்மின் தகட்டை நோக்கி ஒதுக்கமடைந்தன. எதிர்மின் வாய்க்கு எதிர்ப்புறத்திலுள்ள மின்னிழப்புக் குழாயின் முனைக்கு ஓர் ஒளிர் பொருளால் பூச்சிட்டால் கதிர்களால் அதன் மீது உண்டாகும் ஒளிப்பொட்டு மின்புலம் ஏற்படுத்தப் படுவதற்கு முன்னால் இருந்த இடத்திலிருந்து புலத்திற்கு இணையான திசையில் நேர்மின் தகட்டின் பக்கமாக இடப்பெயர்ச்சி அடையும். மின்னிறக்கக் குழாயினை ஒரு மின்காந்தத்தின் முனைத் துண்டுகளுக்கிடையே வைத்து ஒரு காந்தப் புலத்தினை உண்டுபண்ணினால்—புலத்தின் திசை எதிர்முனைக் கதிர்களின் பாதைக்குச் செங்கோணத்தில் இருக்குமாறும், மின்காந்தத்தின் வடமுனை முன்னேயும் தென்முனை பின்னேயும் இருக்குமாறு மின்காந்தத்துக்கிடையே மின்னிழப்புக் குழாயை வைத்து மின் புலத்தினை உண்டுபண்ணினால் ஒளிர் திரையிலுள்ள ஒளிப் பொட்டு கீழ்நோக்கி நிலைக்குத்தாக இடப்பெயர்ச்சியடையும் காந்த முனைகளை மாற்றினால் ஒளிப்பொட்டு நிலைக்குத்தாக மேனோக்கி இடம் பெயரும். இது ஃப்ளமிங்கின் இடது கை விதியினால் குறிப்பிடப்படும் மின்காந்த விதிக்கேற்ப உள்ளது. கதிர்கள் அவற்றின் மூல திசை, காந்தப் புலத்திசை ஆகிய இரண்டிற்குமே செங்குத்தான திசையில் வளையவேண்டும்.

எனவே, நிலைக்குத்தான திசையில் காந்த முனைகளின் இருப்பு நிலைக்கேற்ப (disposition) கீழோ அல்லது மேலோ வளைகிறது. எனவே, எதிர்முனைக் கதிர்கள் எதிர்மின்னேற்றமுடைய துகள்களின் ஓர் அருவியாக இருக்க வேண்டும். எதிர்முனைக்கதிர்கள் எதிர் மின்னேற்றமுடையன என்பதற்கு நேரடியான ஒரு சான்று பெர்ரினினுடைய சோதனையிலிருந்து (1895) கிடைக்கிறது. இச்சோதனையில் மின்னிறக்கக் குழாயினுள் அதன் பக்கவாட்டில் பொருத்தப்பட்டும் ஒரு மின் அளவியுடன் இணைக்கப்பட்டும் உள்ள ஓர் உலோக உருளையினுள் எதிர் முனைக் கதிர்கள் ஒரு காந்தத்தினால் ஒதுக்கப்பட்டன. எதிர்முனைக் கதிர்கள் உருளையினுள் நுழைந்த உடனேயே மின் அளவி ஒரு பெரிய எதிர் மின்னேற்றத்தைப் பதிவு செய்தது.

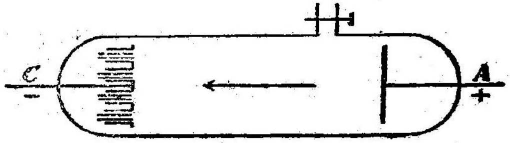
எதிர்முனைக் கதிர்க் கற்றை ஒன்றினை ஒதுக்குவதற்கு மிகச் சிறு காந்தப் புலங்களும் போதுமானதெனவும் கண்டறியப்பட்டது. மேலும் ஒத்த நிலைகளில் ஏற்படும் ஒதுக்கங்கள் மின்னிழப்புக் குழாயிலுள்ள வாயுவின் தன்மையையும் எதிர்மின்வாய் செய்யப் பயன்பட்ட பொருளையும் பொறுத்ததன்று எனக் காட்டப் பெற்றது.

எதிர்முனைக் கதிர்கள் பற்றிய இந்தக் கண்டுபிடிப்புகள் யாவற்றையும் சேர்த்துப் பார்க்க மின்னிழப்பினை நிலைநிறுத்துகின்ற மின்புலத்தில் மிக உயர்ந்த ஒரு வேகத்தைப் பெற்று எதிர்மின்வாயிலிருந்து விலகி அப்பால் செல்லுகின்ற எதிர்மின்னேற்றமுடைய லேசான துகள்களின் ஓர் அருவியே எதிர்முனைக் கதிர்கள் என்ற முக்கியமான முடிவிற்கு வரமுடிகிறது. ஜே. ஜே. தாம்ஸன் இவற்றை 'எதிர்மின் நுண்ணிமங்களின் அருவிகள்' (streams of negative corpuscles) என அழைத்தார். ஜான்சன் ஸ்டோனி (Johnstone Stoney) மின்னாற் பகுப்பிலிருந்து மின்சாரத்தின் தன்மை அணுச்சார்ந்தது எனக் கண்டதனால் 'எலெக்ட்ரான்கள்' என்ற பெயரை இதற்கு வைக்கலாமெனக் கூறினார். இப்பெயரே இன்று எங்கும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகிறது. மின்னிறக்கக் குழாயில் மிகத் தாழ்ந்த அழுத்தங்களில் அயனியாக்கும் தனிச்சிறப்பு நிலைகளில் ஏற்படுவதால் வாயுவின் மூலக் கூறுகள் அல்லது அணுக்களிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் மின் நடுநிலையிலுள்ள மூலக் கூறுகள் அல்லது அணுக்களுடன் சேர்ந்து கொள்ளாமல் அனேகமாகத் தனித்தே விடப்பட்டு எதிர்முனைக் கதிர்களை உருவாக்குகின்றன. இவ்வாறாக எலெக்ட்ரான் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் மிகவும் பரந்து கிடக்கின்றன. எல்லாப் பொருள்களின் அமைப்பிலும் பங்கேற்கின்றன என்பதும் தெரிகிறது. ஏனெனில், எலெக்ட்ரான் அருவி

மின்னிறக்கக் குழாயில் வாயுவின் தன்மையையோ எதிர்மின் வாயின் பொருளேயோ சாராமல் எப்போதும் உண்டாகிறது. இதைத் தொடர்ந்து செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் அவை நாம் சாதாரணமாகப் புரிந்துகொள்வதுபோல் 'பொருள்' (matter) ஆக இல்லாமல் இருக்கலாமாயினும் அவற்றின் பொருண்மைக் குரிய மூலகாரணம் முற்றிலும் மின்சாரமேயாதலால் அவற்றை எதனேயும் சாராத தனியான மின் துகள்களாகக் கருத வேண்டும்—இந்த மின்துகள் நாமறிந்த யாவினும் லேசான பொருண்மையுடையது, யாவினும் சிறிய அளவு மின்னேற்ற முடையது, பேரளவு உயர்ந்த வேகத்தில் இயங்கிக் கொண் டிருப்பது.

நேர்மின் கதிர்கள் (Positive rays)

எதிர்முனைக் கதிர்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு சில ஆண்டுகள் கழிந்த பின்னர் அதாவது 1886-ல் கோல்ட்ஸ்டைன் (Goldstein) என்பார், துளைகளிடப்பட்ட எதிர்மின் வாயை உடைய ஒரு மின் னிறக்கக் குழாயை ஏறக்குறைய 1மி.மீ. எனும் தாழ்ந்த அழுத் தத்தில் இயக்கியபோது எதிர்மின்வாயின் பின்புறத்தில் அதன் ஒவ்வொரு துளையிலிருந்தும் ஓர் ஒளி அருவியாக ஒளி அருவிகள்



படம் 11. கால்வாய்க் கதிர்கள்

பாயக் கண்டார் (படம் 11). இவை எதிர் மின் வாயிலுள்ள துளைகளினுல் கால்வாய் கால்வாயாக நெறிப்படுத்தப்பட்டதனுல் இவற்றைக் கால்வாய்க் கதிர்கள் (canal rays) என அவர் அழைத்தார். மேற்கொண்டு செய்த ஆராய்ச்சிகள் இவை பின்னும் ஒளிர்தலைச் செய்கின்றன, ஒளிப்படத் தகடுகளைப் பாதிக் கின்றன, அவை தாம் படும் பொருள்களை ஆக்கக் கூறுகளாகச் சிதைவுறச் செய்கின்றன [தெறித்தல் (Sputtering)], மெல்லிய அலுமினியத்தாள் ரேக்குகளை (foil) ஊடுருவிச் செல்கின்றன, மின்புலத்தாலும் காந்தப் புலத்தாலும் ஒதுக்கப்படுகின்றன, அவ்வாறு ஒதுக்கப்படும் திசையும் அளவும் இவை நேர் மின்னூட் டமுடைய துகள்களால் ஆனவையென்றும், சாதாரண வாயு மூலக் கூறு அல்லது அணுவினுடைய அதே அளவு நிறையுடையன என்றும் சுட்டிக் காட்டுகின்றன என்றெல்லாம் காட்டின. எனவே; கால்

வாய்க் கதிர்கள் நேர்மின் அயனிகளின் கற்றைகளே. ஆதலால், அவை நேர்மின் கதிர்கள் என அழைக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய கதிர்கள் எவ்வாறு தோன்றுகின்றன என்பதனை மின்னிறக்கக் குழாய் வேலை செய்யும் நுணுக்கத்திலிருந்து எளிதில் தெரிந்து கொள்ளலாம். மின்னிறக்கக் குழாயில் வாயு அயனியாக்கம் பெறும்போது எஞ்சிய நேர்மின் அயனிகள் எலெக்ட்ரான்களை விட இயங்கு திறன் குறைந்தவை; இவை எதிர்மின் வாயை நோக்கி நகர்ந்து அங்கே குவிக்கப் பெறுகின்றன. இருந்தாலும் இந்த நேர்மின் அயனிகள் புலத்தின் வலுவையும் வாயுவின் அழுத்தத்தையும் பொறுத்து ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தைப் பெறுகின்றன. இதனால் அவை துளைகளின் வழியாகச் சென்று எதிர்மின் வாயின் பின்புறத்தில் எதிர்மின் கதிர்க் கற்றையாகின்றன. எதிர்மின் வாயில் துளைகள் இல்லாவிடில் இவை எதிர்மின் வாயைத் தாக்கி அதன் முன் மேற்புறத்தில் மங்கலான ஒளியைத் தோற்றுவிக்கின்றன. நேர்மின் கதிர்கள் வளர்வதற்கான நிபந்தனை என்னவென்றால் தீவிரமான புலத்தில் தாழ் அழுத்தத்தில் அயனியாக்கம்—தாழ் அழுத்தம் நேர்மின்அயனிகளை வாயுவின் மூலக்கூறுகளுடனும் அணுக்களுடனும் அடிக்கடி மோதுவதைத் தடுக்கின்றது; தீவிரமான புலம் நிறை அதிகமாக இருந்தாலும் அவற்றிற்குத் தேவையான உயர்ந்த வேகத்தைக் கொடுக்கிறது.

நேர்மின் கதிர்களைமூலக்கூறுகளிலிருந்தும் அணுக்களிலிருந்தும் உருவாக்கலாம். எனவே, இவை மூலக்கூறுகள், அணுக்கள் ஆகியவற்றின் நிறை பற்றிய செய்திகளை நேரடியாகக் கொடுக்கக் கூடும். இந்த நிறைகள் ரசாயனத்திலுள்ளதுபோல் மூலக்கூறுகள் அல்லது அணுக்களின் பெருந்திரள்களின் சராசரி மதிப்பன்று, தனித்தனி மூலக்கூறு அல்லது அணுவின் நிறையே. இதன் காரணமாகத்தான் நேர்மின் கதிர்களைச் சரிநுட்பமாகப் பகுத்தாராய்தல் மிகப்பெரிய முக்கியத்துவம் பெற்றுள்ளது.

எக்ஸ் கதிர்கள் : 1895-ல் ரான்ட்ஜென் (Rontgen) எனும் ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி 0·01 மி.மீ.-ம் அதற்கு மேற்பட்ட உயர் வெற்றிடங்களிலும் ஒரு மின்னிறக்கக் குழாயைக் கொண்டு சோதனை செய்தார். அவர் பெருவியப்படையும்படி குழாயின் அருகில் வைக்கப்பட்ட ஓர் ஒளிர்திரை சாதாரண ஒளி பட்டது போன்று ஒளிர்ந்தது. அவ்வாறே அதனருகில் கிடந்த ஒளிப்படத் தகடும் பாதிக்கப்பட்டது—அத் தகடு கருப்புத்தாளில் நன்றாகச் சுற்றி வைக்கப்பட்டிருந்தாலும் பாதிக்கப்பட்டது. குழாய்க்கும், ஒளிர்திரைக்குமிடையே கனமான ஒரு தகட்டை

வைக்கத் திரையின்மீது கருநிழல் ஒன்று விழ்ந்தது. தாள், மரம், மெல்லிய அலுமினியத் தகடு போன்ற லேசான பொருள்கள் அவ்வளவாகத் தெளிவான நிழல்களை உண்டாக்கவில்லை. இவ் விளைவுகளை உண்டுபண்ணிய வெளியீட்டின் தோற்றுவாய் எதிர் முனைக் கதிர்கள் போய்விழும் மின்னிறக்கக் குழாயின் சுவர்களே எனக் கண்டார். இக் கதிர் வீச்சின் தன்மை புரியாததாக இருந்த தால் இவற்றை எக்ஸ்-கதிர்கள் (X-rays) என அழைத்தார். மேற் கொண்டு செய்யப்பெற்ற ஆராய்ச்சிகள் எக்ஸ்-கதிர்களின் கீழ்க் கண்ட தற்சிறப்புப் பண்புகளை வெளிப்படுத்தின:

1. எதிர்முனைக் கதிர்கள் ஒரு திடப்பொருளை மோதும் நிலை யில் எக்ஸ்-கதிர்கள் உண்டாகின்றன. அவை நேர்க்கோடுகளில் செல்கின்றன, அவற்றின் பாதையிலுள்ள பொருள்களின் நிழலை விழச் செய்கின்றன.

2. இவை பல பொருள்களில் ஒளிர்தலைத் தூண்டுகின்றன, ஒளிப்படத் தகடுகளைப் பாதிக்கின்றன. வாயுக்களை அயனியாக் கவும் செய்கின்றன.

3. இக்கதிர்களின் குறிப்பிடத்தக்க தனிச்சிறப்புப் பண்பு சாதாரண ஒளியைக் கடத்தாப் பொருளாக விளங்கும திடப் பொருள்களைக்கூட ஊடுருவிச் செல்லும் உயர் திறமாகும். இவற்றின் ஊடுருவும் திறன் (penetrability) பொருளின் அடர்த் தியைப் பொறுத்துள்ளது. எலும்புகளைக் காட்டிலும் தசையை மிக எளிதாக ஊடுருவிச் செல்லும்; எனவே, இவை அறுவை மருத்துவத்தில் (surgery) பயன்படுகின்றன. அநேகமாக இக் கதிர்களை கண்டுபிடிக்கப்பட்ட உடனேயே எலும்புகளை ஆராயவும், எலும்பு முறிவுகள், உடலுள் சென்ற வேற்றுப் பொருள்கள் போன்றவற்றைக் கண்டுபிடிக்கவும் பயன்படுத்தத் துவங்கினர். பல்வேறு வெற்றிடக் குழாய்களிலிருந்தும் தோன்றுகிற கதிர்களின் பண்புகள் வேறுபட்டிருக்கக் காணலாம்; வெற்றிடம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு உயர்வாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு கதிர்களின் ஊடுருவுந்திறன் அதிகமாக இருக்கும். குழாயின் வழியாக ஒரு மின்னிறக்கத்தை ஏற்படுத்து வதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் வெற்றிடம் உயர உயர அதிகரிக்கும். அப்போது குழாய் கடினமாகி விட்டதாகச் சொல்லப்படுகிறது. அதனால் ஒரு கடினமான குழாய் அதிகமாக ஊடுருவும் கடின எக்ஸ்-கதிர்களை வெளிவிடுகிறது. அவ்வளவு அதிகமாக வெற்றிடமாக்கப்படாத குழாய் ஒப்பீட்டில் குறைந்த ஊடுருவும் திறன் வாய்ந்த மிருது எக்ஸ்-கதிர்களை (soft X-rays) வெளிவிடுகிறது.

4. அவை பொருள்களின் மீது படும்போது வேறு கதிர்களைத் தோன்றச் செய்கின்றன. இப் புதிய கதிர்களுக்கு 'இரண்டாம் நிலைக் கதிர்வீச்சு' (secondary radiation) எனப் பெயர் சூட்டப் பட்டுள்ளது. இந்த இரண்டாம்நிலைக் கதிர்வீச்சு சிக்கலான அமைப்புடையது; சிதற அடிக்கப்பட்ட எக்ஸ்-கதிர்கள், தற்சிறப்பு எக்ஸ்கதிர்கள் (characteristic X-rays), நுண்ணிமக் கதிர்கள் (corpuscular rays) எனப்படும் மூவகைக் கதிர்களாலானது. இவற்றைப் பற்றிப் பிந்தைய அத்தியாயம் ஒன்றில் பார்ப்போம்.

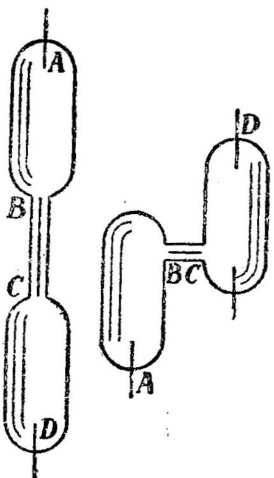
5. இவை மின் புலத்தாலும் காந்தப் புலத்தாலும் பாதிக்கப்படுவதில்லை. இவ் வுண்மையினால் இது எதிர்முனைக் கதிர்களிலிருந்தும், நேர்மின் கதிர்களிலிருந்தும் வேறுபடுகிறது. சாதாரண ஒளியை ஒத்துள்ளது. இதைத் தொடர்ந்து செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் எக்ஸ்-கதிர்கள் மின்காந்தத் துடிப்புகளின் தொடரே எனவும், எனவே சாதாரண ஒளியின் அதே தன்மையுடையனவே எனவும், ஆனால் கண்ணுக்குப் புலனாகாதவை என்றும், குறுகிய அலை நீளமுடையன என்றும், எதிர்முனைக் கதிர்க் கற்றையின் பாதையிலுள்ள தடைகளால் எலெக்ட்ரான்கள் திடீரெனத் தடுத்து நிறுத்தப்படும்போது உண்டாகின்றன வெனவும் ஐயத்துக்கிடமின்றி மெய்ப்பித்தன.

இவ்வாறாக, அடர்த்தி குறைந்த வாயுக்களின் வழியாக மின்சாரம் செல்வதில் நாம் எதிர்கொள்ளும் நிகழ்ச்சியினை நுணுகிப் பகுத்தாராய்ந்தது, எல்லாவகை அணுவின் கட்டமைப்பிலும் பங்கேற்கும் அடிப்படை மின் துகளான எலெக்ட்ரானையும், தனித்தனி அணுவே என இனம் கண்டுகொள்ளப்பட்ட நேர்மின் அயனியையும் (அணு தன் ஆக்கக் கூறாகிய எலெக்ட்ரான்களில் ஒன்றிரண்டை இழந்து நேர்மின் அயனியானாலும், இவ்வயனி அனேகமாக அணுவின் எடையையே பெற்றிருக்கும்), எலெக்ட்ரான்கள் பொருளின் அணுக்களோடு மோதலினால் விளைகின்ற மிகக்குறுகிய அலைநீளமுடைய மின்காந்தக் கதிர் வீச்சாகிய எக்ஸ் கதிர்களையும் கண்டுபிடிக்க வழிகோலியது. பொருள், கதிர்வீச்சு ஆகியவற்றின் உள்ளார்ந்த தன்மையினை ஆராய்வதில் மேலும் முன்னேறுவதற்கு எலெக்ட்ரான், நேர்மின் அயனி, எக்ஸ்-கதிர்கள் ஆகிய மூன்று உள்பொருள்களையும் மிக நுணுகி ஆராய வேண்டும். இதனைப் பின்தொடரும் அத்தியாயங்களில் ஆராய்வோம்.

மின்னிறக்கக் குழாயின் சில நடைமுறைப் பயன்கள் : மின்னிறக்கக் குழாயின் பல பயன்களில் இரண்டினை மட்டிலும் இங்கே பார்ப்போம். அவையாவன : (i) கெய்ஸ்லர் குழாய் (Geissler

tube). இது நிறமாலைப் பகுப்பாராய்வுகளில் ஒளி மூலமாகப் பயன்படுகிறது. (ii) சோடிய விளக்கு (sodium lamp), பாதரச விளக்கு (mercury lamp), ஒளிர் விளக்குகள் (fluore scent lamps) போன்ற பெரும் ஒளி கொடுக்கும் தற்காலத்திய விளக்குகள்.

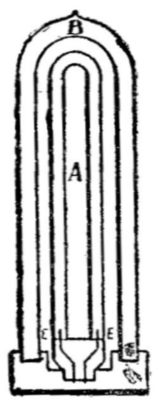
கெய்ஸ்லர் குழாய் : இது வழக்கமாகப் படம் 12-ல் காட்டியுள்ள இரு வடிவங்களில் இருக்கும். முதலாவது (அ) ஒரு நேரான கண்ணாடிக் குழாய். இதில் முதலாவது (அ) 7 அல்லது 8 செ.மீ. நீளமும் ஏறத்தாழ 1 மி.மீ. குறுக்களவும் உடைய ஒரு நுண்துளைக் குழாயை (capillary tube) உடையது. *A*, *D* ஆகிய மின்வாய்கள் அலுமினியத்தாலோ அல்லது பிளாட்டினத்தாலோ ஆனவை. குழாய் நாம் எந்த வாயுவின் நிறமாலையை விரும்புகிறோமோ அந்த வாயுவினுல் ஏறத்தாழ 1 அல்லது 2 மி.மீ. அழுத்தத்தில் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. மின்வாய்கட்கிடையே ஒரு துண்டுச் சுருளினுல் 2000 வோல்ட்டுகளுக்கு மேம்பட்ட மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. மின்னிழப்பின் விளைவாகத் தோன்றுகிற, பயன்படுத்தப்பெறும் வாயுவிற்குரிய நிறமுடைய நேர் ஒளிப்பாளம் நுண்துளைக் குழாய் *B*, *C*-ல் மின்னேட்ட அடர்த்தி அதிகமாக இருப்பதால் அங்கே செறிவாக்கம் பெற்றுள்ளது. இது செறிவு மிகுந்த அருமையான ஒரு நிறமாலைத் தோற்றுவாயைக் கொடுக்கிறது. இரண்டாவதும் (ஆ) அதே தத்துவத்தில்தான் வேலை செய்கிறது. ஆனுல், இது *H* வடிவத்தில் இருப்பதாலும் நுண்துளைப் பகுதி குட்டையாக இருப்பதாலும் (ஏறத்தாழ 4 செ. மீ. நீளமே இருக்கிறது) நுண்துளைப் பகுதியை நீளவாட்டில் பார்க்கும்போது முந்தியதைக் காட்டிலும் அதிகச் செறிவுடைய தோற்றுவாயாக விளங்குகிறது. வாயு அல்லது ஆவி உருவில் பெறக்கூடிய பொருள்களின் நிறமாலை ஆய்விற்கு இக் குழாய்கள் பல்லாண்டுகளாகப் பயன்படுத்தப் பெற்று வருகின்றன. இவற்றிற்கு உயர்ந்த மின்னழுத்தம் தேவைப்பட்டாலும் வேலை செய்யும் மின்னேட்டம் மிகச் சிறியது, சில மில்லி ஆம்பியர்களே (milli amperes) இருக்கும்; இச் சிறு மின்னேட்டம் மின்வாய்களைக் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் சூடாக்கு



படம் 12. கெய்ஸ்லர் குழாய்கள்

வதில்லை. இக் காரணத்தினுல் இவை குளிர்ந்த எதிர் மின்வாய்க் குழாய்கள் (cold cathode tubes) எனப்படுகின்றன.

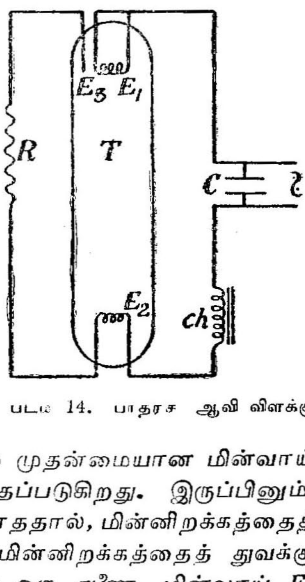
சோடிய ஆவி விளக்கும் (Sodium vapour lamp) பாதரச ஆவி விளக்கும் (Mercury vapour lamp) (படம் 13): மின்னிறக்கக் குழாய் A ஆனது U வடிவத்தில் வளைக்கப்பட்டுள்ளது. மின் வாய்கள் E E ஆகியவை இரு முனைகளிலும் உருக்கி இணைக்கப் பட்டுள்ளன (fused). சோடிய உலோகத்தின் சிறு துளிகள் (droplets) குழாயின் உட்சுவர்களில் பரவலாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. சாதாரணமாக விளக்கு 230 வோல்ட் இருதிசை மின்னேட்டத்தில் வேலை செய்கிறது. ஆனுல், மின்னிழப்பைத் துவக்குவதற்கு இதைக்காட்டிலும் உயர்ந்த மின்னழுத்தம் ஒரு கண நேரம் தேவைப்படுகிறது. இதனைச் சுற்றில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள கசிவு மின்மாற்றி (leak transformer) கொடுக்கிறது. உயர்ந்த வெளிச்சத்தைக் கொடுப்பதற்கு விளக்கு ஏறத்தாழ 300° செ.-ல் செயல்பட வேண்டும். இந்த வெப்பநிலையிலும்கூட சோடிய ஆவியின் அழுத்தம் குறைவாகத்தான் (0·01 மி.மீ.) இருக்கிறது. உயர்ந்த வெப்ப நிலையின் காரணமாக வெப்பக் காப்புச் செய்ய வேண்டியுள்ளது. இதற்காக மின்னிறக்கக் குழாய் இரட்டைச் சுவருடைய வெற்றிடக் குழாய் B ஆல் சூழப்பட்டுள்ளது. குழாயில் நியான் இருப்பதனுல் முதலில் ஒளி சிவப்பாக இருக்கிறது. சோடியம் ஆவியாகின்ற நிலைக்கு விளக்கின் வெப்பநிலை உயரும் வரையில் சிவப்பாக இருக்கும். பிறகு மின்னிழப்பு முழுவதும் பெரும்பாலும் சோடிய ஆவியினுலேயே நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. அப்போது ஒளி மஞ்சளாக மாறிவிடும். திடப்பொருளான சோடியம் படிப்படியாகவே ஆவியாதலால், விளக்கு அதன் முழுச் செறிவுடன் ஒளி விடுவதற்குச் சில நிமிடங்கள் ஆகும். மின்னேட்ட அடர்த்தி ஒரு குறிப்பிட்ட, பெரிதும் உகந்த மதிப்பிற்குமேல் அதிகரிக்கும்போது பயனுறு திறன் குறைவதால், விளக்கு ஒப்பீட்டில் தாழ்ந்த மின்னேட்ட அடர்த்தியிலேயே இயக்கப்படுகிறது. உண்டாக்கப்படும் ஒளியின் நிறமாலை சிறப்பாக 5890, 5896 ஆ°. சோடிய வரிகளாலேயே ஆனது. எனவே, இவ்வொளியை ஓர் ஒற்றை நிறத் தோற்றுவாயாகப் (Monochromatic source) பயன்படுத்தலாம். கடைகளிலுள்ள விளம்பரப் பெட்டிகளையும் பொதுச் சதுக்கங்களையும், (public squares) ஒளியூட்டுவதற்கு இந்த விளக்கு பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. ஆனுல், இதன் மஞ்சள் ஒளியில் பொருள்கள்



படம் 13. சோடிய ஆவி விளக்கு

சற்று வெளிறிக் காணப்படும். பிலிப்ஸ் அன் கோவினல் செய்யப் பட்டு, 'ஃபிலோரோ' (Philora) எனும் பெயரில் காப்புரிமைப் பட்டயம் பெற்ற (patented) விளக்கின் சராசரி வயது 2,500 மணிகள் என உறுதி கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

பாதரச ஆவி விளக்கு (Mercury vapour lamp) (படம் 14) : இது மூடிய புறக்குமிழ் ஒன்றினுள் நிலைக்குத்தாகப் பொருத்தப் பட்ட ஒரு நேரான மின்னிழப்புக் குழாய் T ஆல் ஆனது. மின்னிழப்பானது குழாயின் சுவர்களைத் தொட்டு அதனால் மிகையாகச் சூடாக்கப்படாமல் தடுப்பதற்காகத்தான் நிலைக்குத் தாகப் பொருத்தப்படுகிறது. மின்னிழப்புக் குழாயில் மிகக் கவனமாகக் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட ஆர்கானின் சுவட்டுடன் பாதரசம் உள்ளது. பாதரசம் முழுதும் ஆவியாகி மின்னிழப்பைத் தானே நிலைநிறுத்தும் எல்லையை எட்டும்வரையில் துவக்கத்தில் மின் னிழப்பு வளர்வதற்குத் துணை செய்வதுதான் ஆர்கானின் வேலை. துவக்கப்படும்போது விளக்கு தாழ் அழுத்தங்களில் வேலை செய்கிறது. ஆனால், மின்னிறக்கம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அழுத்தம் வளர்ந்து ஒரு குறிப்பிட்ட பெரும மதிப்பினை அடைகிறது. விளக்குச் சாதா ரணமாக 230 வோல்ட் இருதிசை மின்னோட்டத்தில் வேலை செய் கிறது. ஊற்றுவாயின் இணைப்



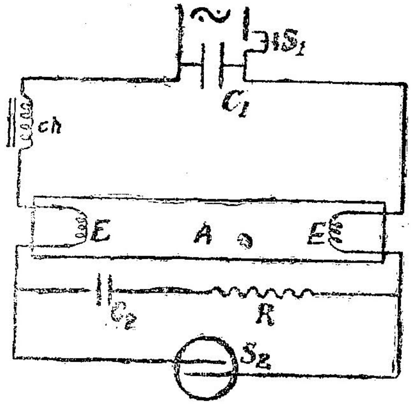
படம் 14. பாதரச ஆவி விளக்கு

பைப்பொருத்தியவுடன் மின்னழுத்தம் முதன்மையான மின்வாய் கள் E_1, E_2-க்களின் குறுக்கே செலுத்தப்படுகிறது. இருப்பினும், இதற்குள் மின்வாய்கள் சூடாக்கப்படாததால், மின்னிறக்கத்தைத் துவக்குவதற்கு இது போதாது. மின்னிறக்கத்தைத் துவக்கு வதற்கு E_1-க்கு மிகவும் அருகிலுள்ள ஒரு துணை மின்வாய் E_3 பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது மறு முனையிலுள்ள மின்வாய் E_2 உடன் ஓர் உயர்மின்தடை R வழியாக (இந் தடை விளக்கினுள் மறைத்து வைக்கப்பட்டிருக்கும்) இணைக்கப்பட்டிருக்கும். E_1-க்கும் E_2-க்குமிடையே ஏற்படும் பிறங்கொளி மின்னிழப்பு (Glow discharge) மின்வாய்களைச் சூடாக்குகிறது. மிக உயர்ந்த மின் தடை இருப்பதனல், அப்போது மிகக் குறைந்த மின்னோட் டத்தையே (சில மில்லி ஆம்பியர்கள்) பயன்படுத்துகிறது. மின் னிறக்கம் வேலை செய்ய ஆரம்பித்துவிட்டால், மின்னோட்டம்

முழுதும் E_1, E_2-க்கிடையே குழாயின் வழியாகச் செல்லும். விளக்குடன் தொடர்நிலையிலுள்ள மின்பொருண்மைச் சுருள் (*Ch*) மின்னோட்டத்தைக் குறைத்து வரம்பிற்குட்படுத்துவதற்குப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. திறன் எண்ணை (Power factor) அதிகரிப் பதற்காக மின் ஊற்றுவாய்களுடன் இணை நிலையில் ஒரு மின்னேற்பி *C* வழக்கமாக வைக்கப்படுகிறது. விளக்கு ஒரு வெளிறிய நீல ஒளியைக் கொடுக்கிறது. இது அதன் பெரும உயர்செறிவை அடைவதற்குச் சில நிமிடங்கள் எடுத்துக்கொள்கிறது. இவ் வொளியின் நிறமாலையை ஆராய்ந்தால் அனேகமாகச் சிவப்பு இருப்பதில்லை; ஆனால், பெருமளவு பச்சையும், சிறிது நீலமும், மஞ்சளும் உள்ளன. இந் நிறங்கள் கண்ணுக்குப் புலனாகுபவை. ஆனால், கண்ணுக்குப் புலனாகாத மற்றொரு கதிர்வீச்சு, அதாவது, புற ஊதாக் கதிர்கள் கணிசமான அளவு உள்ளது. இவையே ஒளிர் விளக்குகளை (fluorescent lamps) அமைப்பதிலும், அவை வேலை செய்வதிலும் சிறப்பான பங்கேற்கின்றன. இதனை இப் போது பார்ப்போம். பாதரச ஆவி விளக்குகள் ஜி. ஈ. சி. யினால் (G. E. C.) 'ஒஸிரா' (Osira) எனும் காப்புப் பட்டயப் பேருடன் (patent name) உற்பத்தி செய்யப்பட்டுத் தெரு விளக்குகளாகப் பரவலாகப் பயன்படுகின்றன.

ஒளிர் விளக்குகள் : இவை பாதரச ஆவி விளக்குகளின் உரு மாற்றங்களாகும். இங்கே கண்காணாப் புற ஊதாக் கதிர்கள் பொலிவு மிக்க ஒளியினை உண்டாக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இவ்வாறாக, பயன்படுத்தப்பெறாது வீணடிக்கப் படும் ஆற்றல் பயனுள்ள ஒளியாக மாற்றப்படுகிறது. மின் னிறக்கக் குழாயின் உள் மேற்பரப்பின்மீது நாக சல்ஃபேட் (zinc sulphate), கால்சியம் டங்க்ஸ்டேட் (calcium tungstate), காட் மியம் போரேட் (cadmium borate) போன்ற ஏற்றதோர் ஒளிர் பொருளால் பூச்சிடுவதனால் இவ்வாறு மாற்ற இயலுகின்றது. ஒளிர் பொருள்களில் ஒன்றையோ மற்றொன்றையோ சற்றுக் கூடுதலாகவோ குறைவாகவோ சேர்ப்பதன் வாயிலாக விளக் கினது ஒளியின் நிறமாலையைக் குறுகிய எல்லைகட்குள் கட்டுப் படுத்த முடியும். இதனால் இயற்கையான பகல் வெளிச்சத்திற்கு மிகவும் நெருங்கிய ஒளியினை உண்டாக்க இயலும். பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் பகல்வெளிச்ச ஒளிவிளக்குகள் இவைதாம். எலெக்ட்ரான்கள் மின்னிழப்புக் குழாயிலுள்ள பாதரச ஆவியின் மூலக்கூறுகளுடன் மோதலினால் உண்டாக்கப்படும் புற ஊதாக் கதிர்கள் ஒளிக் கதிர்வீச்சுகளை வெளிவிடச் செய்கின்றன. ஸ்டோக் ஸினுடைய ஒளிர்தல் விதிப்படி (Stoke's law of flourescence) இவ்வாறு வெளிவிடப்படும் ஒளியின் அதிர்வெண் தாழ்ந்திருக்கும்; எனவே, கண்காணும் பகுதியில் உள்ளது.

நடைமுறையில் பயன்படும் ஒளிர்விளக்கு (படம் 15) ஒரு நீண்ட, அகன்ற கண்ணாடிக் குழாய் A ஆல் ஆனது. இக் குழாயின்



படம் 15. ஒளிர் விளக்கு

உள் மேற்பரப்பு ஒளிர் பொருளால் பூச்சிடப்பட்டுள்ளது. குழாயினுள் சிறிதளவு பாதரசத்தை வைத்து அதன் அழுத்தம் ஏறத்தாழ 1மி.மீ. இருக்குமாறு பாதரச வாயு வெளியேற்றப்பட்டு, இரு முனைகளிலும் இரு மின்வாய்களைப் (E E) பொருத்தி, காற்றுப் புகாமல் மூடிவிடப்படுகிறது. இம் மின்வாய்கள், சூடாக்கப்படும் போது தாராளமாக எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடச் செய்யும் ஒரு பொருளினால் பூச்சிடப்பெற்ற, ஓரளவு கனமான டங்ஸ்டன் கம்பிச் சுருளால் ஆனவை. இந்த மின்வாய்கள் ஆரம்பத்தில் 2 அல்லது 3 வினாடி நேரம் ஓர் அமுக்குப் பொத்தான் எந்திர அமைப்பினாலோ (Mechanical press button arrangement) அல்லது அதனினும் வசதியான 'துவக்கி'ச் (starter) சுற்றினாலோ முன்னதாகச் சூடாக்கப்படுகின்றன. இந்த நேரத்தில் அவற்றின் வழியாக ஏறத்தாழ 1·5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்து அவற்றைச் சிவக்குமாறு சூடாக்குகிறது. இந்நிலைகளில், துவக்கப்பட்டுவிடும் முதன்மை மின்னிறக்கத்தை நிலைநிறுத்துவதற்கு 0·8 ஆம்பியர் மின்னிறக்க மின்னோட்டம் போதுமானது. முன்னதாகச் சூடாக்கும் துவக்கி S_2 ஒரு பிறங்கொளி வகையைச் சார்ந்தது. இதில் ஹீலியத்தால் நிரப்பப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குழாயினுள் இரு உலோகத் துண்டுகள் உள்ளன. 230 வோல்ட் கொடுக்கும் இருதிசை மின்னோட்ட ஊற்று வாயின் பொத்தானை மூட துவக்கியின் உலோகத் துண்டுகளுக்கிடையே அனேகமாக மின்னழுத்தம் முழுதும் கொடுக்கப்படுகிறது; பிறங்கொளி மின்னிழப்பு ஏற்படுகின்றது. மின்னிழப்பானது துண்டுகளைச் சூடாக்குகிறது.

இதன் விளைவாக அவை ஒன்றைநோக்கி ஒன்று வளைந்து இறுதியில் தொடுகின்றன. இதனால் விளக்கின் மின்வாய்கள் சூடாக முடிகிறது. ஆனால், இத் துண்டுகள் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது அவற்றிற்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்தம் சுழியாகக் குறைகிறது, பிறங்கொளி மின்னிழப்பு அழிக்கப்படுகிறது, துண்டுகள் குளிர்கின்றன, மீண்டும் பிரிகின்றன. இதற்கிடையில் சூடான மின்வாய்களுக்கிடையே மின்னிழப்புத் துவங்குகிறது. ரேடியோக் குறுக்கீடுகளைக் கிளைவழி செலுத்தி ஒதுக்குவதற்காகத் துவக்கிச் சுற்றில் மின்னேற்பி C_2 சேர்க்கப்பட்டுள்ளது ; C_2 உடன் தொடர் நிலையிலுள்ள மின்தடை R (ஏறத்தாழ 100 ஓம்கள்) துவக்கியின் உலோகத் துண்டுகள் ஒன்றுடன் ஒன்று உருகி ஒட்டிக்கொண்டு விடாமல் தடுக்கிறது. குழாய் முதன்மை மின்னிழப்பில் வேலை செய்யும்போது மின்னோட்டத்தைத் தேவையான எல்லைக்குள் சரிசெய்வதற்கு ஒரு மின் பொருண்மைச் சுருள் தேவைப்படுகிறது. திறன் எண்ணை (power factor) 0·9 பின்னடைவு மதிப்பிற்குச் சரிசெய்வதற்காக ஊற்றுவாய்களுக்குக் குறுக்கே ஒரு மின்னேற்பி C_1 இணைக்கப்படுகிறது. இந்த மின்னேற்பியின் மின்னேற்புத் திறன் 8 மைக்ரோஃபாரட்கள் எனும் வரிசையில் இருக்கும்.

இந்த ஒளிர் விளக்குகளால் பெறக்கூடிய ஒளியின் அளவு இது எடுத்துக்கொள்ளும் அதே அளவு ஆற்றலைச் செலவு செய்கின்ற சாதாரண மின் விளக்குகளைக் காட்டிலும் மூன்று மடங்கு இருக்கும். மேலும், சூரிய ஒளியில் பல்வேறு அலைநீளங்களும் எவ்வாறு கலந்துள்ளனவோ அதே கலவை ஒளியினை மின்விளக்குகள் கொடுப்பதில்லை. அதே நேரத்தில் இந்தப் புதிய விளக்குகளைக் கொண்டு பகல் வெளிச்சத்தைப் போன்றே இருக்கும் ஒளியினை உண்டாக்க முடியும். பகல் வெளிச்சத்தை மட்டிலுமல்ல நாம் விரும்பும் எந்த நிறத்தையும் சரியான ஒளிர் பொருளைப் பயன்படுத்தி உண்டாக்க முடியும். ஒளிர் விளக்குகளில் மின்விளக்குகளைக் காட்டிலும் மின் ஆற்றல் சிக்கனமாகச் செலவிடப்படுகிறது. பிந்தியதில் ஆற்றலின் பெரும்பகுதி வெப்பமாக வீணடிக்கப்படுகிறது ; அதே நேரத்தில் முந்தியதில் மிகக் குறைந்த ஆற்றலே வெப்பமாக மாற்றப்படுகிறது. இதற்கும் மேலாக ஒளிர்விளக்கு எந்தச் செலவுமில்லாமல் கூடுதலான ஒளி முழுவதையும் கொடுக்கிறது. ஏனெனில், பயன்படுத்தாமல் போகும், ஏன், தீங்கும் விளைவிக்கக்கூடிய புற ஊதாக் கதிர்களை உட்கவர்ந்து பயன்தரும், நன்மை பயக்கும், கண்காணும் ஒளியாக மாற்றுவதற்கு ஒளிர் பொருள்கள் கூடுதலான மின்சாரம் எதையும் எடுத்துக் கொள்வதில்லை. விளக்கின்

சராசரி வாழ்நாளைப் பொறுத்தும்கூட இதில் சிக்கனமுள்ளது. ஒரு சாதாரண மின் விளக்கின் ஆயுள் 1000 மணிகள் தான். ஆனால், ஒளிர் விளக்கின் ஆயுளோ 3000 மணிக்கும் மேலிருக்கும். இப் பெரிய வேறுபாடு எதனால் ஏற்படுகிறதென்றால் ஒளிர் விளக்கின் மின்வாய்கள் கனமான டங்ஸ்டன் கம்பியின் குறுகிய சுருளாகச் செய்யப்பட்டிருப்பதால் அவை எளிதில் சேதமடைவதில்லை. ஆனால், மின் விளக்கின் இழை நுண்ணியதாகவும் எளிதில் அழியக்கூடியதாகவும் இருப்பதால் எந்த ஒரு சிறு விபத்திலும் சடக்கென ஒடிந்துபோகும்.

ஒளிர் பொருள்களில் எல்லா மாசுகளும் அகற்றப்பட வேண்டுமாதலால் அவற்றைத் தயாரிப்பதில் உயர்ந்த தொழில் நுணுக்கமும், கவனமும் செலுத்தப்படவேண்டும். எனவே, இப் புதிய விளக்கு அதன் துணைக்கருவிகளோடு சேர்ந்து பழைய மின்விளக்கைக் காட்டிலும் மிகமிக விலை உயர்வாக இருப்பது இயல்பே. ஆனால், இந்த உயர்ந்த விலையானது கிடைக்கும் உயர்ந்த வெளிச்சத்தினாலும் நீண்ட நாள் உழைப்பதாலும் ஈடுகட்டப்படுகிறது. மேலும் இப் புதிய விளக்குகளில் பெரும்பான்மையானவை பல அடி நீளமுடைய குழாய்களாகச் செய்யப்படுவதால் குழாய்களின் முழு நீளத்திலிருந்தும் ஒளி வருகின்றது. இதன் விளைவாக இவற்றால் விழுகின்ற நிழல்கள் மிகவும் அடர்த்தி குறைந்து காணப்படும், ஒளி கண்ணுக்கு இதமாக இருக்கும். ஆனால், மின்விளக்கில் ஒரு சிறிய கம்பித் துண்டிலிருந்து வருகின்ற ஒளி கண்கூசச் செய்யும், அடர்ந்த நிழல்களை உண்டுபண்ணும். அடர்ந்த நிழலும், கண் கூசலும் குறைவாயிருத்தல், ஒரே சீராகப் பரவி விரவியுள்ள ஒளியானது (diffused light) அனேகமாக நிழலே உண்டுபண்ணாத, ஆனால் தீவிரமான ஒளி விளக்கம் தேவைப்படும் இடங்களான சுரங்க வேலைகள், தொழிற்சாலையில் செய்யும் நுட்பமான எந்திர வேலைகள் போன்ற சில குறிப்பிட்ட காரியங்களுக்கு மிகுந்த நன்மையுடையது. இருந்தாலும் இவ் விளக்குகள் ஓரளவு எளிதில் கையாள முடியாத நீளமுடையனவாக இருப்பதால் ஒரு சிறிய தோற்றுவாயிலிருந்து பெருமளவு ஒளி கிடைப்பது உகந்ததாயுள்ள தெருவுக்கு வெளிச்சம் போடுதல் போன்ற சில காரியங்களுக்கு இது பொருந்தாது.

ஒளிர் விளக்குகள் இப்போது ஜி. ஈ. சி. வெஸ்டிங் ஹௌஸ் (Westing house), ஸில்வானியா (Sylvania), பிலிப்ஸ் (philips) போன்ற பல்வேறு நிறுவனங்களால் தயாரிக்கப்படுகின்றன. அவை பல்வேறு அளவுகளிலும் திறன்களிலும் $1\frac{1}{2}$ அடி நீள, 1 அங்குல விட்டமுடைய 15 வாட் விளக்கு, 4 அடி நீள, $1\frac{1}{2}$ அங்குல விட்டமுடைய 40 வாட் விளக்கு, 5 அடி நீள, $2\frac{1}{8}$ அங்குல

விட்டமுடைய 80 அல்லது 100 வாட் விளக்கு போன்று பல— நேரானது, வட்டமானது போன்று பல வடிவங்களிலும், பகல் வெளிச்சம், சிவப்பு, மஞ்சள், பச்சை போன்ற பல்வேறு நிறங்களில் ஒளி கொடுக்குமாறும் செய்யப்படுகின்றன.

வினாக்கள்

1. வாயுக்களில் அயனியாக்கம் உண்டுபண்ணும் நான்கு முறைகளைப் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறுக. அயனியாக்க மின்னோட்டத்தையும், மின்னழுத்த வேறுபாட்டினையும் இணைக்கும் வளைகோட்டின் தன்மையையும் விளக்கத்தையும் கூறுக.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1945)

2. 20 செ.மீ. மின்னேற்புத் திறனுடைய ஒரு மின்காட்டியின் (electroscope) உள்ளேயுள்ள காற்று ஓர் எக்ஸ்–கதிர்க் கற்றையினால் அயனியாக்கப்படும்போது தங்க இலைகளின் மின்னழுத்தம் ஒரு நிமிடத்தில் 154 வோல்ட்டுகளிலிருந்து 100 வோல்ட்டுகளாக மாறுகிறது. மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடி.

[விடை. 2×10^{-11} ஆம்பியர்] (ஆக்ரா பல்கலைக் கழகம் 1950)

3. (அ) உலோகங்கள், (ஆ) மின்னாற்பகு பொருள்கள், (இ) அயனியாக்கப்பட்ட வாயுக்கள் ஆகியவற்றின் ஒப்புமையையும் வேற்றுமையையும் விளக்கு.

(கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகம்)

4. ஒரு மின்னிறக்கக் குழாயில் அழுத்தம் படிப்படியாகக் குறையும்போது வாயுவின் தோற்றத்தை விவரி. காணப்படும் பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளுக்கும் காரணங்கள் யாவை ?

(பம்பாய் பல்கலைக் கழகம் 1953, பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1955, 1960)

5. எதிர்முனைக் கதிர்கள் எவ்வாறு தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன என்பதனை விரிவாக விளக்குக. எதிர்முனைக் கதிர்களின் பண்புகளைக் காண்பதற்குச் செய்யப்படும் சோதனைகள் சிலவற்றை விவரி.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1954, 1955, 1959, 1961)

6. எதிர்முனைக் கதிர்கள் எவ்வாறு உண்டாக்கப்படுகின்றன? அவை எதிர் மின்னூட்டமுடைய துகள்களின் அருவிகளே என நம்புவதற்குரிய காரணங்களைக் கூறு. எதிர்முனைக் கதிர்கள் எக்ஸ் கதிர்களிலிருந்து எவ்வாறு வேறுபட்டவை ?

(உட்கல் பல்கலைக் கழகம் 1953 ; பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1956)

7. சிறு குறிப்பு வரைக : (அ) கெய்ஸ்லர் குழாய்கள் (ஆ) சோடிய, பாதரச ஆவி விளக்குகள் (இ) ஒளிர் விளக்குகள்.

(சௌகார் பல்கலைக் கழகம் 1949; பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1950, 51)

2. எலெக்ட்ரான்

முன்னுரை

எதிர்முனைக் கதிர்கள் மிகவேகமாகச் சென்றுகொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களால் ஆனவையென்றும், எல்லாப் பொருள்களின் அமைப்பிலும் பங்கு பெறுகின்றன என்றும் நாம் கண்டோம். எனவே, முதற்கண் எலெக்ட்ரானுடைய மின்னூட்டத்தையும் நிறையையும் கண்டுபிடிக்க வேண்டியது தேவையாகின்றது. இந்த அளவுகள் அணு பௌதிகத்தின் பல வாய்பாடுகளில் இடம் பெறுகின்ற அடிப்படை மாறிலிகளானதால் இவை மிகுந்த திருத்தத்துடன் அளக்கப்பெற வேண்டும். மிகப் பல பௌதிக நிகழ்ச்சிகளை ஏறக்குறைய நல்ல முறையில் விளக்கு வதற்கு ஏதுவான எலெக்ட்ரான் கொள்கையை (electron theory) அடுத்ததாகப் பார்ப்போம். எதிர்முனைக் கதிர்கள் அல்லாத ஒளிமின் வெளியீடு, வெப்ப மின் துகள் வெளியீடு போன்ற எலெக்ட்ரான்களின் சில சிறப்பான தோற்றுவாய்கள் அடுத்து விளக்கப்பெறும். இவை எங்கிருந்து தோன்றினாலும் எலெக்ட்ரான் கள் ஒரே மின்னூட்டத்தையும் பொருண்மையையும் பெற்றிருக்கு மென்பதையும் அவை முற்றிலும் ஒத்த பண்புடையவை என் பதனையும் நிறுவும். இறுதியாக, வெப்ப அயனிக் குழாய்கள் (thermionic valves), ஒளிமின் கலங்கள் (photo electric cells), எலெக்ட்ரான் பன்மடங்காக்கிகள் (electron multipliers), எதிர் முனைக் கதிர் ஆசிலகிராஃப் (cathode ray oscillograph), எலெக்ட் ரான் நுண்ணோக்கி (electron miscroscope) போன்ற எலெக் ரான் கற்றைகளின் தற்காலத்திய முக்கியச் சாதனங்களில் சில வற்றைப் பற்றிப் பார்ப்போம்.

எலெக்ட்ரான் மின்னேற்றத்தையும் பொருண்மையையும் அளவிடுதல்

கேம்பிரிட்ஜிலுள்ள கேவண்டிஷ் ஆய்வுக் கூடத்தைச் (Cavendish Laboratory) சேர்ந்த பேராசிரியர் ஜே. ஜே. தாம்சன்

(Prof. J. J. Thamson) என்பவர்தான் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தையும் நிறையையும் அளவிடும் பணிகளில் முன்னோடியாவார். அவர் 1897ஆம் ஆண்டில் எதிர்முனைக் கதிர்களை மின் புலத்திற்கும் காந்தப் புலத்திற்கும் ஆட்படுத்தி, மின்னூட்ட



பேராசிரியா [illegible]

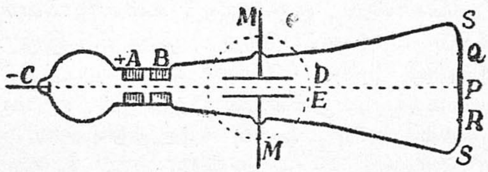
நிறைதகவு (Specific sharge) எனப்படும் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்திற்கும் பொருண்மைக்கும் இடையேயுள்ள விகிதத்தை $\left(\frac{e}{m}\right)$ முதன்முதல் மதிப்பிட்டார். பிறகு, வில்சனின் மேகக் கலத்தைப் (Wilson's cloud chamber) பயன்படுத்தி எலெக்ட்ரான்களின் மின்னூட்டத்தை '*e*' அளந்தார். இவ்விரு முடிவுகளையும் பிணைத்து எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை அல்லது நிறை *m*-ன் மதிப்பைப் பெற்றார். அப்பொழுது கிடைத்த கருவிகளைக் கொண்டு அவரால் மிகத் திருத்தமான அளவீடுகளைச் செய்ய முடியவில்லை. ஆனால், இதன் பின்னர் H.A. வில்சன் (H.A. Wilson), R. A. மில்லிகன் (R. A. Millikan) ஆகியோரால் செம்மைப் படுத்தப்பெற்ற முறைகள் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம், பொருண்மை ஆகிய இரண்டையுமே முன்னினும் மிகத் திருத்தமாக அளக்க உதவின. இன்று மேற்கூறியவற்றிலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்ட, சரிநுட்பம் வாய்ந்த பல முறைகள் உள்ளன. எனினும், அவற்றை நாம் இங்கு விவரிக்க முடியாது. எதிர் முனைக் கதிர்களிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கும் தாம்சனின் (Thamson) முறை, எலெக்ட்ரானின்

மின்னூட்டத்தை 'e' அளவிடும் மேகக்கல (Cloud chamber) முறை, மில்லிகனின் எண்ணெய்த் துளிமுறை (Millikan's oil drop method) போன்ற வரலாற்றுச் சிறப்புடைய ஆரம்பகால ஆய்வுகளை மட்டிலும் விரிவாகப் பார்ப்போம்.

எலெக்ட்ரானின் $\frac{e}{m}$ ஐக் கண்டுபிடிக்கத் தாம்சனின் முறை

தத்துவம் : எதிர்முனைக் கதிர்கள் மின்புலத்தினாலும் (electric field), காந்தப் புலத்தினாலும் (magnetic field) ஒதுக்கப்பெறும் என்கின்ற உண்மை இம் முறையில் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றது. எதிர்முனைக் கதிர்களின் ஒரு குறுகிய கற்றையை ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணத்தில் தொழிற்படுகின்ற மின்புலத்திற்கும் காந்தப் புலத்திற்கும் ஆட்படுத்தி, அவ் விருபுலங்களால் அக் கற்றை ஒதுக்கப்படும் தூரத்தை அளந்து $\frac{e}{m}$ ஐக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

கருவி : தாம்சன் பயன்படுத்திய அமைப்பு, படம் 16-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மிக உயர்ந்த அளவு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட மின்னிழப்புக் குழாயில் (discharge tube) தோற்றுவிக்கப்பெற்று,



படம் 16. தாம்சனின் கருவி

C என்னும் எதிர்மின்வாயின் (cathode) மேற்பரப்பிற்குச் செங்குத்தான திசையில் வெளிவிடப்படும் எதிர்முனைக் கதிர்கள், A என்னும் நேர்மின்வாய் (anode), அதனுடன் இணைக்கப் பெற்றிருக்கும் B என்னும் உலோக அடைப்புக்கட்டை (plug) ஆகியவற்றிலுள்ள நுண்ணிய பிளவுகளின் (slits) வழியாகச் செலுத்தப் பெறுவதன்மூலம் ஒரு குறுகிய கற்றையாக (narrow pencil) ஆக்கப்படுகின்றது. நேர்கோட்டில் சென்றுகொண்டிருக்கும் இக் கற்றையின் வேகம் A-க்கும் C-க்கும் இடையில் வளர்ச்சியுறுகின்றது. ஆனால், A-க்குப் பிறகு வேகம் மாறாமல் சென்று S S என்னும் ஒளிர் திரையில் (fluorescent screen) பட்டு

P என்னுமிடத்தில் ஒரு சிறிய ஒளிப்பொட்டினை (luminous patch) உண்டாக்குகின்றது. கற்றையின் பாதையில் மின்புலமும் காந்தப் புலமும் கீழ்க்கண்டவாறு உண்டாக்கப்பெறுகின்றன. கிடையாக வைக்கப்பட்டுள்ள *D*, *E* என்னும் இரு தகடுகளுக்கிடையே ஓர் உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential difference) நிலைநிறுத்தப்படுவதன் வாயிலாக மின்புலம் உண்டாக்கப்படு கின்றது. இப் புலம், படத்தின் தளத்தில் எதிர்முனைக் கதிர்த் துகள்களின் இயக்கத்திற்குச் செங்குத்தாகத் தொழிற்படு கின்றது. இத்தகைய ஒரு புலத்தின் வழியாகச் செல்லுகின்ற எதிர்முனைக் கதிர், நிலைக்குத்துத் தளத்தில், நேர் மின்னேற்றம் ஊட்டப்பட்டுள்ள தகட்டினை நோக்கி ஒதுங்கும். படத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் உள்ள *M M* என்கின்ற மின்காந்தத்தினுல் (electromagnet) காந்தப்புலம் உண்டாக்கப் பெறுகின்றது. மின்காந்தம் இத்திசையில் வைக்கப்பட்டுள்ளதால், காந்தப் புலமானது மின்புலம், எதிர்முனைக் கதிரின் இயக்கம் ஆகிய இரு திசைகட்கும் செங்கோணத்தில் உள்ளது. இத்தகைய புலமும் எதிர்முனைக் கதிரை நிலைக்குத்தான தளத்தில் கீழோ அல்லது மேலோ—காந்தப்புலம் முன்னிருந்து பின்னுகத் தொழிற்பட்டால் கீழ்நோக்கியும், பின்னிருந்து முன்னேக்கியிருந்தால் மேல் நோக்கியும்—ஒதுக்கும். இவ்வாறு எதிர்முனைக் கதிர்களின் கற்றையை அதன் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் தொழிற் படும் ஒன்றுக்கொன்று குறுக்காக உள்ள மின்புலத்திற்கும் காந்தப்புலத்திற்கும் ஆட்படுத்த முடியும். இரு புலங்களின் விசைக்கோடுகளும் (lines of force) ஒரே இடத்தில் தொழிற் படுமாறு அமைக்கப்பெறுகின்றன. இதனுல், எதிர்முனைக் கதிர் தன் பாதையில் ஒரே அளவு தூரத்திலேயே அவற்றின் ஆதிக்கத்தில் இருக்கும்.

கொள்கை : எதிர்முனைக் கதிர்கள், முறையே *m*, *e*, *v* என்னும் நிறைமின்னூட்டம், திசைவேகம் (velocity) உடைய மின்னூட்ட முடைய துகள்களால் ஆனவை என்று கொண்டு, முதலில் ஒவ் வொரு புலமும் தனித்தனியேயும், பிறகு இரண்டும் சேர்ந்தும் தொழிற்படும்போது அவற்றின் விளைவைப் பார்ப்போம்.

நிலைமின் ஒதுக்கம் (Electrostatic deflection) : மேல்தகடாகிய *D* நேர்மின்னேற்றமுடையது என்றும் *D*, *E* ஆகிய தகடுகட்கு இடையே உள்ள ஒரே சீரான மின்புலத்தின் செறிவு X எனவும் கொள். இந்தப் புலத்தினது ஆட்சியினுல் எதிர்முனைக் கதிர் மேனேக்கி ஒதுக்கப்படும். அதனுல், மின்புலத்தைத் தொடக்கு

வதன் முன்னர் ஒளிர்திரையில் P என்னுமிடத்தில் இருந்த ஒளிப் பொட்டு மேனேக்கி நகர்ந்து Q என்னும் இடத்தை அடையும். ஒளிப்பொட்டின் இந்த இடப்பெயர்ச்சி (shift) PQ ஐக் கீழ்க்கண்ட வாறு மதிப்பிடலாம்.

எதிர்முனைக் கதிர்க் கற்றையில் ஏதேனும் ஒரு துகளை எடுத்துக் கொண்டால், அதன்மீது இந்த மின்புலத்தினல் உண்டாகும் விசை = X e (இந்த விசை மின்புலத்தின் திசையில் இருக்கும்). எனவே, அதே திசையில் இத் துகளின் முடுக்கம் (acceleration) X e/m ஆகும். விசையும், வேக வளர்ச்சியும் எப்பொழுதும் மாருதிருப்பதாலும், துகளின் ஆரம்பத் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையிலிருப்பதாலும் இது கிடையான (horizontal) திசையில் எறியப்படும் ஒரு பொருள் நிலைக்குத்துத் திசையில் புவி ஈர்ப்பினுல் எப்பொழுதும் ஒரு குறிப்பிட்ட வேக வளர்ச்சிக்கு ஆட்படும் நிலையை ஒத்திருக்கின்றது. எனவே, இந்தத் துகளின் பாதை ஒரு பரவளையமாக (parabola) இருக்கும்.

l நீளமுடைய புலத்தில் இத் துகள் செல்லும் நேரம் t ஆனுல், அது புலத்தைவிட்டு வெளிவரும்போது மேல் திசையில் அத் துகளின் ஒதுக்கம் $x = \frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{X}e}{m}\right)t^2$. $t = \frac{l}{v}$ ஆனதால், நிலை மின் ஒதுக்கம் $x = \frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{X}e}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2$.

மின்புலத்திற்கு அப்பால் துகளை ஒதுக்கக்கூடியது எதுவும் இல்லாததால், அது புலத்தைவிட்டு வெளிவரும் நிலையில் உள்ள அதன் பாதைக்குத் தொடுகோடாக (tangent) அமையும் நேர் கோட்டின் வழியாகச் சென்று இறுதியில் ஒளிர்திரையில் Q என்னு மிடத்தில் படுகின்றது. ஒளிப்பொட்டின் இடப்பெயர்ச்சி P Q இரண்டு காரணிகளைப் பொறுத்திருக்கின்றது. அவை மின் புலத்தினுல் உண்டாகும் ஒதுக்கமும் (deflection) மின்புலத்தி லிருந்து ஒளிர்திரையின் தூரமும் ஆகும்.

எனவே, $$\mathrm{PQ} = \frac{1}{2}\,\mathrm{K}\left(\frac{\mathrm{X}e}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2 \qquad \ldots (1)$$

இங்கே, K என்பது ஒரு மாறிலியாகும். கருவியின் வடிவ அமைப்பைப் பொறுத்திருக்கும் இதனை மதிப்பிட்டுக் கொள்ளலாம்.

காந்த ஒதுக்கம் (Magnetic deflection): தொழிற்படுத்தப் பெறும் ஒரே சீரான காந்தப்புலத்தின் செறிவு H எனக் கொள். புலம் முன்னிருந்து பின்னுகத் தொழிற்படுகின்றது எனக் கொள்வோம். அத்தகைய ஒரு புலத்தினுல் எதிர்முனைக் கதிரின்மீது உண்டாகும் விசையினை (force) கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்:

ds நீளத்தில் செல்லும் i மின்னேட்டத்தின்மீது H செறிவுடைய காந்தப்புலத்தினுல் ஏற்படும் விசை $H\, i\, ds$ என நாம் அறிவோம். மின்னூட்டம் ஓடும் விதமாகிய i ஆனது $\frac{dq}{dt}$-க்குச் சமமானதால் மேலே பார்த்த விசை $= H\left(\frac{dq}{dt}\right) ds = H\, dq\left(\frac{ds}{dt}\right)$.
இங்கே, dq என்பது துகளினது மின்னூட்டமாகிய e ஐயும், $\frac{ds}{dt}$ அதன் திசைவேகமாகிய v ஐயும் குறிப்பதால், துகளின் மீதுகாந்தப்புலத்தினுல் உண்டாகும் விசை $= Hev$

மின்புலத்தின் திசையை மேற்கண்டவாறு எடுத்துக் கொள்ளும்போது, விசையின் திசை ஃப்ளெமிங்கின் இடக்கை விதிப்படி (Fleming's left hand rule) நிலைக்குத்தாகக் கீழ்நோக்கியிருக்கும். மேலும், இவ் விசை மாறுதிருப்பதாலும், துகளின் இயக்கத்திற்குச் செங்கோணத்திலேயே எப்பொழுதும் தொழிற்படுவதாலும், துகளின் பாதை ஒரு வட்டத்தின் வில்லாக (arc) இருக்கும். இவ் வட்டப்பாதையின் ஆரம் r ஆனுல்,

$$He v = \frac{m v^2}{r}$$

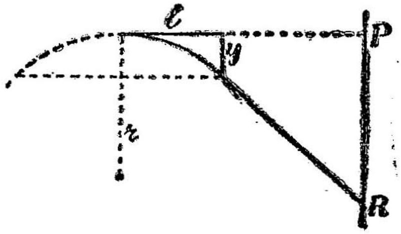
காந்தப்புலத்தினுல் உண்டாகும் ஒதுக்கமாகிய yஐக் கீழ்க் கண்டவாறு கணக்கிடலாம்:

l நீளமுடைய புலத்தில் இத் துகளின் பாதை r ஆரமுடைய ஒரு வட்டத்தின் வில்லாக இருப்பதனுல், வட்டப்பகுதிகளின் விதியைப் (law of segments) பயன்படுத்த (படம் 17),

$$l^2 = y(2r - y) = 2yr - y^2.$$

ஒதுக்கமாகிய y மிகச் சிறியதானதால், y^2 ஐப் புறக்கணித்து விடலாம். அதனுல், $l^2 = 2yr$ அல்லது $y = \frac{l^2}{2r}$. துகளானது

புலத்திலிருந்து வெளிவந்த பிறகு, புலத்திலிருந்து வெளியேறும் நிலையில் உள்ள அதன் வட்டப் பாதைக்குத் தொடுகோடாக



படம் 17

அமையும் நேர்கோட்டின் வழியாகச் சென்று ஒளிர்திரையில் P க்கு நிலைக்குத்தாகக் கீழே R என்னும் புள்ளியில் படும். ஒளிப் பொட்டின் (lum n us patch) இடப்பெயர்ச்சி $PR = K.y$. இங்கே K என்பது ஒரு மாறிலியாகும். இது கருவியின் வடிவமைப்பைப் பொறுத்திருக்கும்.

$$\therefore \quad PR = K\left(\frac{l^2}{2r}\right).$$

ஆனல் $Hev = \frac{mv^2}{r}$ அல்லது $r = \frac{mv}{He}$.

ஆகவே, $PR = K\frac{l^2}{2mv/He} = \frac{1}{2}K\left(\frac{He}{m}\right)\frac{l^3}{v}$ ... (3)

மின்புலமும் காந்தப்புலமும் ஒரே நேரத்தில் தொழிற்படுதல் : இரு புலங்களாலும் உண்டாகின்ற ஒதுக்கங்கள் எதிரெதிர்த் திசைகளில் உள்ளன என்று கொள்வோம். இதற்கு இரு புலங்களும் ஒன்றுக்கொன்று குறுக்காக இருத்தல் வேண்டும். (அதாவது, இருபுலங்களும் ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணத்தில் இருக்குமாறும் கதிரின் பாதையில் ஒரே தூரத்தில் தொழிற்படுமாறும் செய்து அவற்றின் திசையைத் தகுந்த முறையில் சரிசெய்ய வேண்டும். காட்டாக, மின்புலத்தின் மேல்தகடாகிய D நேர்மின்னழுத்தம் உடையதாக இருக்கும்போது காந்தப்புலம் முன்னிருந்து பின்னுகத் தொழிற்பட வேண்டும்.) X, H ஆகிய இரு புலங்களின் செறிவுகளும் ஒரே அளவுள்ள ஒதுக்கங்களை எதிரெதிர்த் திசைகளில் உண்டாக்குமாறு சரிசெய்யப்பட்டுள்ளதெனக் கொள். இதன் விளைவாக, ஒளிப்பொட்டு, புலங்களே இல்லாதபொழுது இருந்த நிலையிலேயே, அதாவது P-ல் இருக்கும். இந் நிலையில், எதிர்முனைக் கதிர்த் துகளின்மீது இரு புலங்களாலும் உண்டாகும் விசைகள் சமம். அதனல்,

$$Xe = H e v.$$

$$\therefore \quad v = \frac{X}{H} \qquad \ldots (3)$$

(1), (2) ஆகிய இரு சமன்பாடுகளில் ஏதேனுமொன்றை (3) ஆவது சமன்பாட்டுடன் சேர்த்துப் பயன்படுத்தி எதிர்முனைக் கதிர்த்துகளின் $\frac{e}{m}$ மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

ஆய்வு செய்முறை : X செறிவுடைய மின்புலத்தை மட்டிலும் பயன்படுத்தித் திரையின்மீது ஒளிப்பொட்டின் இடப்பெயர்ச்சி P Q அளக்கப்படுகிறது. பிறகு காந்தப்புலம் தொடக்கப்பெற்று, ஒளிப்பொட்டு தன் ஆரம்ப இடமாகிய P-க்குத் திரும்பி வரும் வரையில் காந்தப் புலத்தின் செறிவு சரிசெய்யப்படுகிறது. மேலே விளக்கியவாறு புலங்கள் ஒன்றுக்கொன்று குறுக்காக இருந்தால்தான் இது இயலும். இப்போது காந்தப் புலத்தின் மதிப்பு X குறிக்கப்படுகின்றது.

(1) ஆவது சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$PQ = \tfrac{1}{2}K\left(\frac{Xe}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2 = \frac{K}{2}\ X\left(\frac{e}{m}\right)\frac{l^2}{v^2}$$

(3) ஆவது சமன்பாட்டிலிருந்து, $v = \frac{X}{H}$

$$\therefore \quad PQ = \frac{K}{2}\ X\left(\frac{e}{m}\right)\frac{l^2 H^2}{X^2}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2\ PQX}{K\ l^2 H^2} \qquad \ldots (4)$$

இத் தொடர்பில், P Q முன்னரே அளக்கப்பட்டுவிட்டது; கருவியின் மாறு எண்ணுகிய K ஐ மதிப்பிட்டுவிடலாம். D, E ஆகிய தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தூரத்தால் வகுக்க மின்புலத்தின் செறிவு X கிடைக்கிறது. ஒரு மின்காந்தத்தின் காந்தமுனைகளுக்கிடையே யுள்ள புலத்தைக் கணக்கிடப் பயன்படும் பல முறைகளில் ஏதேனுமொன்றைக் கொண்டு காந்தப்புலத்தின் செறிவு X ஐ அளந்துவிடலாம். D அல்லது E ஆகிய தகட்டின் நீளம் l எளிதில் கிடைத்துவிடுகின்றது. எனவே, $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

மாற்றுமுறையில், H செறிவுடைய காந்தப்புலத்தை மட்டிலும் முதலில் தொழிற்படுத்தி அதனுல் ஒளிப்பொட்டு கீழ்நோக்கி நகரும் இடப்பெயர்ச்சி P R அளக்கப்பெறுகின்றது.

அடுத்து, மின்புலமும் தொழிற்படுத்தப் பெற்று ஒளிப்பொட்டு தன் ஆரம்பநிலையாகிய P-க்குத் திரும்பி வரும்வரை மின்புலம் சரிசெய்யப்படுகின்றது. இப்பொழுது, மின்புலத்தின் மதிப்பு X குறித்துக்கொள்ளப் பெறுகின்றது.

(2) ஆவது சமன்பாட்டிலிருந்து,

$$\frac{e}{m} = \frac{2\,P\,R \cdot v}{K\,l^2\,H}$$

ஆனல், $v = \dfrac{X}{H}$

$$\therefore \quad \frac{e}{m} = \frac{2\,P\,R \cdot X}{K\,l^2\,H^2} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

இச் சமன்பாட்டின் வலப்புறத்திலுள்ள எல்லா அளவுகளும் சோதனையில் அளக்கப்பெறுகின்றன. எனவே, $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட்டுவிடலாம்.

குறிப்பு

இரு முறைகளாலும் $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பைக் கண்டுபிடிக்கும் பொழுது திசைவேகமாகிய v-ம் அளக்கப்படுகின்றது. மின் புலத்தையும் காந்தப்புலத்தையும் ஒரே நேரத்தில் தொழிற் படுத்தி அவற்றுல் ஏற்படும் ஒதுக்கங்கள் ஒன்றையொன்று அழித்து விடுமாறு புலங்களின் மதிப்பைச் சரிசெய்வதன் வாயிலாக இது கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றது. v ஐக் கண்டுபிடிக்கும் வேறு முறை களும் பயன்படுத்தப் பெற்றன. தாம்சன் (Thomson) எதிர்முனைக் கதிர்க்கற்றையை ஒரு சக்தி வாய்ந்த காந்தத்தினுல் ஒதுக்கிக் காப்பிடப்பட்ட (insulated) ஒரு சிறிய உலோகக் கிண்ணத்திற்குள் செலுத்தினர். இக் கிண்ணத்தில் வெப்ப இரட்டையின் (thermo-couple) ஒரு சந்திப்பு இருந்தது. மேலும் இக் கிண்ணம் ஒரு குவாட்ரன்ட் எலெக்ட்ரோ மீட்டருடன் (quadrant electro-meter) இணைக்கப்பட்டிருந்தது. இதனுல் எதிர்முனைக் கதிர்களால் கிண்ணத்திற்குக் கொடுக்கப்பட்ட மொத்த மின்னூட்டத்தையும் அக்கதிர்களைத் தடுத்து நிறுத்தியதால் உண்டான வெப்பத்தையும் அளந்தார். கிண்ணத்திற்குள் ஒரு விஞடியில் N துகள்கள் நுழையுமானுல், ஒரு விஞடியில் கிண்ணம் பெற்ற மொத்த மின் னூட்டம் $Q = Ne$; ஒரு விஞடியில் கிண்ணம் பெற்ற மொத்த ஆற்றல் W ஆனுல்,

$$W = \frac{1}{2} mv^2 N.$$

எனவே, $v^2 = \frac{2W}{mN} = \frac{2\,We}{Qm}$

மின்னிழப்புக் குழாயின் மின்னமுத்த வேறுபாட்டிலிருந்து v-ன் மதிப்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு காஃப்மன் (Kauffmann) கணக்கிட்டார்: e மின்னூட்டமானது V மின்னமுத்த வேறுபாடுடைய இரு புள்ளிகட்கிடையே நகர்ந்தால் நடைபெறும் வேலை eV-க்குச் சமம். ஆனால், எதிர்முனைக் கதிரின் ஒரு துகளின் இயங்கு ஆற்றல் (kinetic energy) $\frac{1}{2} mv^2$.

$$\text{எனவே,} \quad \frac{1}{2} mv^2 = eV$$

$$\therefore \quad v^2 = \frac{2\,e\,V}{m}$$

முடிவுகள் : (1) இம் முறைகளால் v-க்கு $2{\cdot}2 \times 10^9$ செ.மீ./விநாடியிலிருந்து $3{\cdot}6 \times 10^9$ செ.மீ./விநாடி வரை வேறுபட்ட மதிப்புகள் கிடைத்தன. இது ஒளியின் வேகத்தில் ஏறத்தாழ $\frac{1}{10}$ மடங்கு. எனவே, இது ஒரு மிக உயர்ந்த எண்ணாகும். எதிர்முனைக் கதிர்த் துகள்களின் வேகம் பல நிபந்தனைகளை அதிலும் குறிப்பாக மின்னிறக்கக் குழாயின் மின்னமுத்த வேறுபாட்டையும் அழுத்தத்தையும் பொறுத்திருக்கின்றது. ஒரே கற்றையிலுள்ள பல துகள்களும் வெவ்வேறு வேகங்களைப் பெற்றிருக்குமானால், மின் ஒதுக்கங்களிலும் காந்த ஒதுக்கங்களிலும் ஒரு பிரிகை விளைவு (dispersion effect) காணப்படுகின்றது.

(2) $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பு எதிர்மின்வாய் செய்யப்பட்டுள்ளபொருளையும், மின்னிறக்கக் குழாயிலுள்ள வாயுவையும் பொறுத்ததன்று எனவும் அது ஒரு மாறிலி எனவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதிலிருந்து எதிர்முனைக் கதிர்களிலுள்ள துகள்கள் எங்கிருந்து தோன்றினாலும், என்ன வேகத்தில் சென்றாலும் அவை யாவும் ஒரே வகையைச் சார்ந்தவை என்பது தெரிகிறது.

(3) தாம்சன் தம் முதற் சோதனைகளிலிருந்து $\frac{e}{m}$-ன் எண் மதிப்பு 10^7 மி. கா. அ. (e. m. u.) என்னும் வீதத்திலிருக்கிறது என்று கண்டார். ஆனால், பிற்சோதனைகள் $1{\cdot}7 \times 10^7$ மி. கா. அ. அல்லது $5{\cdot}1 \times 10^7$ நி. மி. அ. (மி. கா. அலகை ஒளியின் வேகமாகிய 3×10^{10} ஆல் பெருக்குவதால் நி. மி. அ. கிடைக்கிறது.)

என்ற மதிப்பினைத் தந்தன. ஹைட்ரஜன், அயனியாக்கப்பட்ட ஹீலியம் ஆகியவற்றின் நிறமாலைகளை ஒப்பீட்டடிப்படையில் ஆராய்தல், ஸீமன் விளைவு (Zeeman effect), உயர் அதிர்வெண் அலைப்பான், மற்றும் ஒரே சீரான, உயர்ந்த ஒரு காந்தப்புலம் ஆகியவற்றிற்கு வெப்ப அயனி எலெக்ட்ரான்களை ஆட்படுத்தும் டன்னிங்டனின் (Dunnington) முறை, எக்ஸ் கதிர்களின் குறிப்பிட்ட அலை நீளங்களுக்கு வைரத்தின் விலகு விகிதத்தைக் கணக்கிடும் பியர்டனின் (Beardon) முறை போன்ற ஒன்றுக்கொன்று முற்றிலும் மாறுபட்ட, மிகத் திருத்தமான, நவீன முறைகளினால் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பிற்கு இது மிகவும் ஒத்திருக்கின்றது. இந்த மிக உயர்ந்த திருத்தமான முறைகளினால் கிடைத்த $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பு $1{\cdot}76 \times 10^7$ மி. கா. அ. எனவே, எதிர்முனைக் கதிர்த் துகள்கள் எல்லாப் பொருள்களின் அமைப்பிலும் பங்குபெறும் எலெக்ட்ரான்களே என உறுதியாக முடிவு கட்டலாம்.

(4) எலெக்ட்ரானின் $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பை மின்னாற் பகுப்பு முறையில் கிடைக்கும் ஹைட்ரஜன் அயனியின் $\frac{e}{M}$ மதிப்பாகிய $9{\cdot}6494$ (1 கிராம் அணு நீரகம் 96,494 கூலூம்கள் அல்லது $9649{\cdot}4$ மி. கா. அ. மின்சாரத்தைப் பெற்றிருப்பதால்) உடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது இரண்டாவது முன்னதைப்போல் 1840 மடங்கு என்பதைக் காணலாம். இதிலிருந்து, இரண்டிலும் பொருண்மை (m) மாறுதிருக்கின்றதெனக் கொண்டால் எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் ஹைட்ரஜன் அயனியினுடையதைப்போல் 1840 மடங்கு அல்லது அவற்றின் மின்னூட்டங்கள் ஒன்றெனக் கொண்டால் எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை (m) நீரக அயனியின் பொருண்மையைப்போல் $\frac{1}{1840}$ மடங்கு எனவும் பொருள்படுகின்றது. இதில் எது சரியென முடிவுகட்டுவதற்கு எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டியது அவசியமாகின்றது.

எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தை அளத்தல்

ஜே. ஜே. தாம்சன் (1898), H. A. வில்சன் (1903), மில்லிகன் (1913) ஆகியோர் செய்த முதல் ஆராய்ச்சிகளை இங்கே விவரிப்போம். அவை யாவும், காற்றில் தானாக விழுகின்ற சிறு திரவத் துளியின் வேகத்தை அளத்தலை அடிப்படையாகக்

கொண்டவை. அதனால், பாகுநிலையிலுள்ள (viscous) இடைநிலைப் பொருள்களில் ஒரு சிறு கோளம் நகர்வதற்கான ஸ்டோக்ஸின் விதியைப் (Stoke's law) பயன்படுத்துகின்றன. கோள வடிவிலுள்ள ஒரு சிறு துகள் பரந்தமைந்த பாகுநிலை இடைப்பொருளில் தனது எடையினாலேயே விழுவது பற்றிய பிரச்சினையை ஆராய்ந்த ஸ்டோக்ஸ் அத் துகளின் வேகம் முதலில் அதிகரித்துக்கொண்டு போனாலும் கீழ்நோக்கிய புவிஈர்ப்பு விசை,இடைநிலைப் பொருளின் மேனோக்கிய பாகுநிலை விசை ஆகியவற்றின் ஒன்றிய ஆட்சியினால் ஒரு நிலையான வேகத்தை அடைகிறது எனக் கண்டார். இரு விசைகளையும் சமன்படுத்தி

$$6\pi\eta a v = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho g$$

என்னும் தொடர்பை வருவித்தார். இங்கே, a, v, ρ என்பன முறையே அத் துகளின் ஆரம், நிலையான இறுதிவேகம் (terminal velocity), அடர்த்தி ஆகியவையாகும். இத் தொடர்பிலிருந்து,

$$v = \frac{2}{9} \frac{g\rho a^2}{\eta}, \quad a = \left(\frac{9}{2}\cdot\frac{\eta v}{g\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$$ என்பன

கிடைக்கின்றன. இந்தச் சீரான இறுதி வேகத்தைச் சோதனையின் மூலம் கண்டுபிடித்து விட்டால், மேற்கண்ட தொடர்பிலுள்ள மற்ற அளவுகள் யாவும் தெரிந்ததாக இருப்பதனால் துகளின் ஆரம் a ஐ மதிப்பிட்டுவிடலாம்.

மூன்று முறைகளும் ஸ்டோக்ஸினுடைய தொடர்பைப் பயன்படுத்தினாலும் அவற்றின் நுட்பங்கள் வேறுபட்டன. முதலிரண்டும் வில்சனின் மேகக் கல முறையைப் பயன்படுத்தின; மூன்றாவது, எளிதில் ஆவியாகாத திரவத்தின் நுண்ணிய துளிகளைப் பயன்படுத்தியது. எனவே, மூன்று சோதனைகளையும் கீழ்க்கண்டவாறு இரண்டாக வகைப்படுத்தலாம். அவையாவன : (1) மேகக் கல முறை (2) மில்லிகனின் எண்ணெய்த் துளிமுறை.

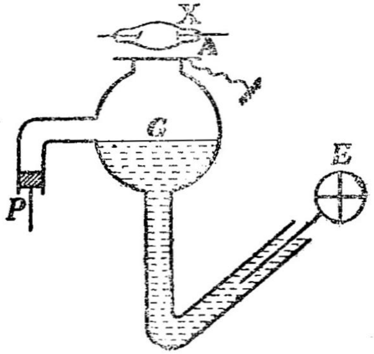
கீழே விவரிக்கப்போகும் சோதனைகள் பொதுவாக அறிவியல் ஆராய்ச்சி எவ்வாறு நடத்தப்பெறுகின்றன என்பதனையும், புதிய நுட்பங்கள் பழைய முறைகளிலுள்ள தொல்லைகளை எவ்வாறு வெற்றிகொண்டு அதன் காரணமாகச் சரிநுட்பம் வாய்ந்த அளவீடுகள் செய்யவும் சிறந்த முடிவுகளைப் பெறவும் முயலுகின்றன என்பதனையும் விளக்க நன்கு உதவும்.

மேக்கல முறை

முதன்முதலாக 1897ஆம் ஆண்டில் சி. டீ. ஆர். வில்சனல் அமைக்கப்பெற்ற மேகக்கலம் வேலை செய்யும் நுட்பத்தின் தத்துவம் கீழ்க்கண்டவாறு: ஒரு மூடிய இடத்திலுள்ள நீராவி யினுல் (water vapour) நிறைநிலையாக்கப்பெற்றுக் காற்றினை ஒரு மாறு வெப்ப விரிவிற்கு (adiabatic expansion) (அ-து., திடீர் விரிவிற்கு) உட்படுத்தினல் அதன் வெப்பநிலை குறையும், மீநிறை நிலை (super saturation) உண்டாகி, அதனல் நீர்த்துளிகளாலான ஒரு மேகம் உருவாகும் என்பது நாமறிந்ததே. ஆவி சுருங்கு வதற்கான கரு இல்லாவிடில் இத்தகைய மேகம் உண்டாகாது. சாதாரணக் காற்றிலுள்ள தூசுதும்புகள் சுருங்குதல் நிகழ் வதற்கான மையங்கள் அல்லது கருக்களாக அமைகின்றன. ஆனல், தூசில்லாத, தெளிவான காற்றில் சுருங்குதலும், மேகம் உண்டாதலும் மிகவும் கடினம். எனினும், எதிர்முனைக் கதிர்கள் அல்லது எக்ஸ் கதிர்கள் போன்ற ஏதேனுமொரு புறச்செயலி யினல் காற்று அயனியாக்கப்படுமானல், தூசில்லாத காற்றிலும் சுருங்கலினல் மேகங்களை உண்டாக்கலாம் என சி. டீ. ஆர். வில்சன் காண்பித்தார். இங்கே சுருங்குவதற்கான மையங்களாக அயனிகள் தொழிற்படுகின்றன என்பது தெளிவு. காற்றின் பருமனது மாறு வெப்ப விரிவு விகிதம் 1 : 1·25 என்றிருந்தால் எதிர்மின் அயனி களில் மட்டிலுமே சுருங்குதல் நிகழ்கிறது. இவ் விகிதம் 1 : 1·3-க்கு மேற்பட்டால் நேர்மின் அயனி, எதிர்மின் அயனி ஆகிய இரண் டிலுமே இது நிகழும். தூசில்லாத, ஆனல் அயனியாக்கப்பட்ட காற்றில் ஏற்படும் சுருக்கநிலை வில்சனின் மேகக் கலத்தின் அடிப் படைத் தத்துவமாகும். மேலும் செம்மைப்படுத்தப்பட்ட இது தற்காலத்திய ஆராய்ச்சிகளில் மிகுந்த பயனுடன் பெரிதும் பயன் படுத்தப் பெறுகின்றது.

தாம்சனின் சோதனை : G என்னும் கண்ணடிப் பாத்திரம் A என்னும் அலுமினியத் தகட்டினல் மேலே மூடப்பட்டுள்ளது. இதன் கீழ்ப்பகுதியில் நீர் உள்ளது. இதனல் நீர்ப்பரப்பிற்கு மேலேயுள்ள காற்று நீராவியினல் நிறைநிலையாக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 18). பக்கக் குழாயிலுள்ள காற்றுக் கசியா வண்ணம் இறுக்கமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள P என்னும் உந்துதண்டை (piston) இயக்கிக் காற்றை ஒரு மாறு வெப்ப விரிவுக்கு ஆட் படுத்தலாம். X எனும் எக்ஸ்-கதிர்க் குழாயினல் காற்று அயனி யாக்கப் பெறுகின்றது. விரிவு விகிதம் 1 : 12-க்குச் சரிசெய்யப் படுகின்றது. இதனல் எதிர்மின் அயனிகளின்மீது மட்டிலுமே சுருங்குதல் நிகழ்கின்றது. நீரின் மேற்பரப்பிற்கும் அலுமினியத் தகட்டிற்கும் இடையே ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாடு

நிலைநிறுத்தப்படுகின்றது. உந்துதண்டு சிலமுறை வேலை செய்வதன் வாயிலாகக் காற்றிலுள்ள தூசுத் துகள்கள் நீக்கப்படுகின்றன. திடீர் விரிவு ஏற்படும் ஒவ்வொரு நேரத்திலும் தூசுத் துகள்களின்மீது மேகம் உண்டாகின்றது. இது தானாக அடங்குமாறு விடப்படுகின்றது. விரிவின்போது மேலும் மேகம் உண்டாகாத நிலையில் எல்லாத் தூசுத் துகள்களும் நீக்கப்பட்டுவிட்டன என்பது தெளிவு. பிறகு அறைக்குள் செலுத்தப்படும் X-கதிர்களால் தூசில்லாத காற்று அயனியாக்கப்படுகின்றது. அயனியாக்



படம் 18. தாம்சனின் கருவி

கப்பட்ட காற்று மாறு வெப்ப விரிவடையச் செய்யப்படுகின்றது. எதிர்மின் அயனிகளின்மீது சுருங்குதல் நிகழ்ந்து மேகம் உருவாகின்றது. இதன் மேற்புறம் தெளிவாக வரையறுக்கப்படும் வரையில் இது தானே அடங்குமாறு விடப்படுகின்றது. பிறகு, புவிஈர்ப்பினால் இது விழும்போது, இதன் வேகம் அளக்கப்பெறுகின்றது. மேகத்தின் பகுதிகளாக அமையும் மிகச்சிறு நீர்த்துளிகள் யாவும் ஒரே அளவின என்று தற்புனைவாகக் கொண்டால் மேகம் விழும் விதம் தனித்தனி துளியின் சராசரி நேர்வேகம் v என எடுத்துக் கொள்ளலாம். இவ்வாறு, ஒவ்வொரு துளியின் சராசரி நேர்வேகத்தை அறிந்துகொண்ட பிறகு, ஸ்டோக்ஸினுடைய தொடர்பைப் பயன்படுத்தித் துளியின் ஆரம் (a) கணக்கிடப்பெறுகின்றது. ஆரத்திலிருந்து (a) ஒவ்வொரு துளியின் பருமனும், $\frac{4}{3}\pi a^3$ கணக்கிடப்படுகின்றது. விரிவு விகிதம், காற்றின் இரு வெப்ப எண்களின் விகிதம், ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம் ஆகியவற்றின் தெரிந்த மதிப்புகளைக் கொண்டு, சுருங்கி மேகத்தை உருவாக்கிய நீரின் மொத்தப் பருமனையும் மதிப்பிட்டுவிடலாம். சுருங்கிய நீரின் மொத்தப் பருமனை ஒவ்வொரு துகளின் பருமனாலும் வகுக்க மேகத்திலுள்ள மொத்தத் துளிகளின் எண்ணிக்கை N கிடைக்

கின்றது. எதிர்மின் அயனிகள்மீதே துளிகள் உருவாவதனுல், எதிர்மின் அயனிகளின் எண்ணிக்கையும் N ஆகும்.

நீரின் மேற்பரப்பை நேர்மின்னூட்டமுடையதாக வைத்து அதற்கும் அலுமினியத் தகட்டிற்குமிடையே ஒரு குறிப்பிட்ட சிறிய மின் அழுத்த வேறுபாட்டை உண்டாக்கி அதனுல் எதிர் மின் அயனிகளையுடைய மேகம் நீரின் மேற்பரப்பை நோக்கிச் செலுத்தப்பெற்று அதன்மீது படிந்து, தன்னிடத்தேயுள்ள மொத்த மின்னேற்றம் Q-வையும் அதற்குக் கொடுக்கின்றது. இம் மின் னேற்றம் நீரின் மேற்பரப்புடன் தகுந்த முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள, எலெக்ட்ராமிட்டரினுல் (electrometer) அளக்கப்பெறு கின்றது. இம் மின்னூட்டம் Q, எல்லா அயனிகளாலும் N பகிர்ந்துகொள்ளப் பெறுவதால் எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத் திற்குச் சமமெனக் கொள்ளப்பெற்ற ஒவ்வோர் எதிர்மின் அயனியின் மீதும் உள்ள மின்னேற்றம் $e = \frac{Q}{N}$.

தாம்சன், காற்றிற்கு e-ன் மதிப்பு $2{\cdot}16 \times 10^{-20}$ மி. கா. அ. என்றும், ஹைட்ரஜனுக்கு $2{\cdot}23 \times 10^{-22}$ மி. கா. அ. என்றும் கண்டார். 1901—2 ஆண்டுகளில் ரேடியத்தின் பல மாதிரிகளை அயனியாக்கும் பொருளாகக்கொண்டு இச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து $1{\cdot}33 \times 10^{-20}$ மி. கா. அ என்ற மதிப்பினைப் பெற்ருர். தற்காலத்திய சரிநுட்பம் வாய்ந்த முறைகளில் கிடைக்கும் சரியான மதிப்பிற்கு இது மிகவும் நெருங்கியுள்ளது. கீழ்க்கண்ட காரணங்களால் தாம்சனின் முறை குறைபாடுடையது என்பது தெளிவு: (அ) துளிகளின் மொத்த எண்ணிக்கை N ஐயும், மேகத்தில் உள்ள மொத்த மின்னழுத்தம் Q ஐயும் தோராயமாகத்தான் கண்டுபிடிக்க முடியும். (ஆ) ஒவ்வொரு துளியும் ஓர் எதிர்மின் அயனியைத்தான் பெற்றிருக்கின்றது என்றும் அதனுல் அதன் மின்னூட்டம் ஓர் அடிப்படை அலகு தான் என்றும் தற்புனைவாகக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனுல், இது மேகத்திலுள்ள எல்லாத் துளிகளுக்கும் உண்மையாக இருக்க வேண்டுவதில்லை. (இ) தெளிவாக வரையறுக்கப்படாமல் சற்றுக் கலங்கலாக இருக்கும் மேகத்தின் மேற்புறம் விழும் வேகத்தைக் கணக்கிடுதல் மிகவும் கடினம். (ஈ) மேகத்தை உருவாக்கும் துளிகள் யாவும் ஒரே அளவின என்றும், சோதனைக் காலம் முழுவதற்கும் அவை ஒரே அளவுடையனவாக இருக்கின்றன என்றும் கொண்டோம். ஆனுல், எல்லாத் துளிகளின் அளவும் ஒன்ருக இல்லாமல் இருக்குமென்பதாலும், சோதனையின்போதே ஆவியாவதால் அவற்றின் பருமன் நிச்சயமாகக் குறைந்துகொண்டே செல்லும் என்பதாலும் இது சாத்தியமன்று.

எச். ஏ. வில்சனின் முறை: தாம்சன் முறையின் அதே தத்துவத்தையும், ஏறத்தாழ அதே சோதனை அமைப்பையும் வில்சன் பயன்படுத்தினாரெனினும், மேற்கூறிய முதல் இரு குறைபாடுகளையும் அவர் வெற்றி கண்டார். அவர் முறையில், துளிகளின் மொத்த எண்ணிக்கையையும், மேகத்தின் மொத்த மின்னேற்றத்தையும் அளவிட வேண்டிய தேவை இல்லாது போயிற்று. அவ்வாறே, ஒவ்வொரு துளியும் ஓர் அடிப்படை அலகு மின்னூட்டந்தான் பெற்றிருந்தது என்றும் தற்புனைவாகக் கொள்ளவேண்டிய தேவையில்லை.

விரிவு மேகம் முதலில் புவி ஈர்ப்பினால் மட்டும் வீழும் வேகத்தையும், பின்னர் புவி ஈர்ப்பு, மின்புலம் ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்து தொழிற்படும்போது அது விழும் வேகத்தையும் கணக்கிடுவது இம் முறையாகும்.

மின்புலத்தின் செறிவு X எனவும் ஒவ்வொரு துளியின் பொருண்மை m எனவும் அதன் மின்னேற்றம் e எனவும் கொள். ஏதேனுமொரு துளியை எடுத்துக்கொண்டால் ஒரு பாகுநிலைப் பொருளின் ஊடே செல்லும் ஒரு பொருளின் நேர்வேகம் அதைச் செலுத்தும் விசைக்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதால்,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{mg}{mg + Xe} \text{ என எழுதலாம்.}$$

இது எல்லாத் துளிகளும் ஒரே அளவின என்றும், அவற்றின் அளவு, சோதனை நடைபெறும் நேரம் முழுவதிலும் மாறுவதில்லையென்றும் கொண்டால்தான் சரியாகும். அப்பொழுதுதான், மேகம் விழும் வீதத்தை ஒவ்வொரு துளியும் விழும் வேகம் எனக் கொள்ளக்கூடும்.

இத் தொடர்பிலிருந்து,

$$\frac{v_2 - v_1}{v_1} = \frac{Xe}{mg} \text{ அல்லது } e = \frac{mg}{X}\left(\frac{v_2 - v_1}{v_1}\right).$$

புவி ஈர்ப்பு மட்டிலும் தொழிற்படும்போது, ஸ்டோக்சினுடைய தொடர்பைப் பயன்படுத்தி, விழும் வேகமாகிய v_1-லிருந்து துளியின் பொருண்மையைக் (m) கணக்கிடலாம்.

$$6\pi\eta a v_1 = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho g$$

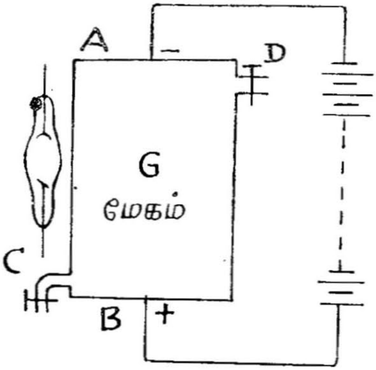
$$\therefore a^2 = \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta v_1}{\rho g}.$$

மேலும், $m = \frac{4}{3}\pi a^3 \rho = \frac{4}{3}\pi\rho\left(\frac{9}{2}\cdot\frac{\eta v_1}{\rho g}\right)^{\frac{3}{2}}$

எனவே, $e = \frac{4}{3}\,\frac{\pi}{X}\left(\frac{9\eta}{2}\right)^{\frac{3}{2}}\left(\frac{v_1}{g\rho}\right)^{\frac{1}{2}}(v_2 - v_1)$

X, v_1, v_2, η, ρ, g ஆகியவை தெரியுமாதலால் e ஐ மதிப்பிட்டுவிடலாம்.

G என்பது மேலும் கீழும் A, B ஆகிய உலோகத் தகடுகளால் மூடப்பட்டு, கீழே ஒன்றும் மேலே ஒன்றுமாக C, D என்னும் இரு குழாய்களையுடைய கண்ணுடிப் பாத்திரம் 2,000 வோல்ட்டுகள் கொடுக்கக்கூடிய ஒரு மின்கல அடுக்கிஞல் தகடுகட்கிடையே ஓர் உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டை நிலை நிறுத்தலாம். ஓர் எக்ஸ் கதிர்க் குழாய் அயனியாக்குவதற்குப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது (படம் 19). தகடுகட்கிடையேயுள்ள



படம் 19. வில்சனின் கருவி

இடம் ஏற்றதொரு விளக்கிஞல் ஒளியூட்டப் பெறுகின்றது. இது படத்தில் காட்டப்பெறவில்லை.

நீராவியினுல் நிறைநிலையாக்கப்பட்ட காற்று பருத்தி-கம்பளி வடிகட்டியின் வழியாகச் செலுத்தப்பெறுவதால் தூசு முழுவதும் அகற்றப்பெற்று C எனும் குழாய் வழியாகக் கண்ணுடிப் பாத்திரத்திற்குள் செலுத்தப்பெறுகின்றது. காற்று அதன் சூழலின் வெப்பநிலையிலேயே இருக்குமாறு மாரு வெப்பநிலையில் மெதுவாக அமுக்கப்பெறுகின்றது. பிறகு ஒரு கணநேரம் D குழாய் திறந்து மூடப்படுகின்றது. இதனுல் பாத்திரம் வெளிப்புறத்தில் சற்று நேரம் தொடர்புகொள்கிறது. இதன் விளைவாகக் காற்றுத் திடீரென விரிவடைந்து குளிர்கிறது. மாரு வெப்ப விரிவு விகிதம் 1 : 1·25 என்றிருக்குமாறு காற்றின் ஆரம்ப அழுத்தம் சரிசெய்யப்படுகிறது. இந்த நிலைகளிலும் காற்று அயனியாக்கப்படாதவரையில் பாத்திரத்தில் மேகம் உருவாவதில்லை. எனினும், விரிவடையச் செய்வதற்கு முன்னுல் எக்ஸ் கதிர்களால் காற்று அயனியாக்கப்படாமனுல் மேகம் உண்டாகிறது. இங்கே, எதிர்

மின் அயனிகள் கருக்களாகப் பயன்படுகின்றன என்பது வெளிப்படை. மேகம் கீழே இறங்கும்போது, அதன் மேற்புறம் ஒரு குறிப்பிட்ட தூரம் வீழ்வதற்கான நேரத்தைக் கணிப்பதன் வாயிலாக அது விழும் நேர்வேகம் v அளக்கப்படுகிறது.

A, B தகடுகளுக்கிடையே ஓர் உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஏற்படுத்துவதன் வாயிலாக X செறிவுடைய மின்புலம் நிலைக்குத்துத் திசையில் அவற்றிற்கிடையே நிலைநிறுத்தப்பெறுகின்றது. இங்கே, *B* தகடு நேர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பெறுகின்றது. அதனால் மின்புலம் புவிஈர்ப்பின் திசையிலேயே உள்ளது. விரிவு மேகம் மீண்டும் உண்டாக்கப்படுகிறது. இப்பொழுது இது புவிஈர்ப்பு, மின்புலம் ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்த விசையின் ஆட்சியினால் கீழிறங்குகிறது. மேகம் வீழும் வீதம் முன்போல் அளக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு, v_1, v_2 ஆகிய இரண்டையும் தெரிந்துகொள்வதால் e ஐக் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

மின்புலத்தின் ஆட்சியினால் மின்னூட்டம் பெற்ற மேகம் வேறுபட்ட வேகங்களில் இறங்குகின்ற இரண்டு அல்லது மூன்று தொகுதிகளாகத் தானே பிரிந்துவிடுகிறது. இத் தொகுதிகள் விழும் வீதங்களை அளந்து அவற்றின் மின்னூட்டத்தைக் கணக்கிட அவை தோராயமாக 1 : 2 : 3 என்ற விகிதத்தில் இருந்தன. ஓர் அடிப்படை மின்னூட்டத்திற்கு மேற்பட்ட மின்னூட்டமுடைய துளிகள் மேகத்தில் உள்ளன என்பதனை இது நிரூபிக்கிறது. எல்லாவற்றிலும் மெதுவாக விழும் தொகுதியின் வீழும் வீதத்தைப் பயன்படுத்திக் கிடைக்கும் மதிப்பு எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டமாகக் கொள்ளப்பெறுகிறது. வில்சன் கண்ட மதிப்பு $0{\cdot}7 \times 10^{-20}$ மி. கா. அ.-விருந்து $1{\cdot}48 \times 10^{-20}$ மி கா. அ.-க்குள் மாறுபட்டது. அவற்றின் சராசரி $1{\cdot}03 \times 10^{-20}$ மி. கா. அ. இது ஏற்றுக்கொள்ளப்பெற்ற மதிப்பான $1{\cdot}59 \times 10^{-20}$ மி. கா. அ.-க்கு மிகவும் குறைந்ததாகும்.

வில்சன் கண்ட மதிப்பு இவ்வளவு குறைவாக இருப்பதற்குக் காரணம் அவர் முறையிலுள்ள கீழ்க்கண்ட குறைபாடுகளே. அவையாவன : (அ) தவறாக விடை கிடைத்தற்குரிய பெருங் காரணம், எல்லாத் துளிகளும் ஒரே அளவின என்றும், அந்த அளவு சோதனைக் காலம் முழுவதும் மாறாதிருக்கின்றதென்றும் தற்புனைவாகக் கொண்டதே. காற்று விரிவடைந்ததன் பின்னர் சூடேறுவதாலும், ஆவியாதலால் துளிகளின் அளவு குறைந்து கொண்டே செல்வதாலும் இது உண்மையன்று. துளியின் ஆரத்தின் மதிப்பு (a) தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டேயிருப்பது தவிர்க்க முடியாத ஒரு தடையாகும். இதனால் திருத்தமான முடிவுகளைப்

பெறுவது இயலாது. (ஆ) அறையிலுள்ள கொந்தளிப்பு விளைவு (turbulence effect). மேகம் ஒழுங்காக இறங்குவதனை இது பாதிக்கும். (இ) மேகத்தின் மங்கலான, சரியாக வரையறுக்கப் படாத விளிம்பு வீழும் வீதம் மிகவும் தொல்லையுடனேயே அளக்கப் படுகிறது. (ஈ) திட்டவட்டமாகப் பார்க்கும்போது, பாகுநிலை இடைநிலைப்பொருள் தவிர்த்து மற்றப் பொருள்களில் ஒன்றுக் கொன்று வரம்பற்ற தூரத்தில் உள்ள கோளங்களுக்கே பொருந்து கின்ற ஸ்டோக்ஸின் விதியைத் துக்ள்களாலான மேகத்திற்குப் பயன்படுத்துதல்.

மில்லிகனின் எண்ணெய்த் துளிமுறை

எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத்தை மிகவும் திருத்தமாகவும் நேர்முகமாகவும் கண்டுபிடிக்கும் பிரச்சினை இறுதியில் 1913ஆம் ஆண்டில் மில்லிகனுல் தீர்க்கப்பட்டது. அவருடைய முறை தத்துவ அளவில் வில்சனின் முறையை ஒத்ததே. ஆனால், எல்லாத் துளிகளும் ஒரே அளவுடையவை என்றும், ஆவியாதலால் அந்த அளவு மாறுபடுவதில்லை என்றும் கொண்ட தற்கோள்களால் ஏற்படும் பிழைகள், கனமான எண்ணெய் அல்லது பாதரசம் போன்ற ஆவியாகாத பொருள்களைப் பயன்படுத்துவதன் வாயிலாக வெற்றிகரமாகத் தவிர்க்கப் பெற்றன. ஒரு தனித் துளியின்மீது கவனத்தைச் செலுத்துவதன் வாயிலாக ஸ்டோக்ஸின் விதியைத் திட்டவட்டமாகப் பயன்படுத்த முடிகிறது. புவிஈர்ப்புப் புலத்திற்கு எதிரிடையாக ஒரு மின்புலத்தைத் தகுந்த முறையில் தொழிற்படுத்துவதனுல் ஒரு குறிப்பிட்ட துளியை மேலே அல்லது கீழே செலுத்தவோ சமநிலையில் இருக்குமாறு செய்யவோ முடியும். சமநிலையில் இருக்கச் செய்வதாவது, பார்வைப் புலத்தில் பல மணி நேரம்கூட நிலையாக இருக்குமாறு செய்தல். இதனுல் அதனை நீண்ட நேரம் தொடர்ச்சியாகக் கவனித்துக் குறிப்புகள் எடுக்க ஏதுவாகின்றது. எனவே, இம்முறை மில்லிகனின் சம


பேராசிரியர் மில்லிகன்

நிலைப்படுத்திய துளிமுறை (Balanced drop method) அல்லது எண்ணெய்த் துளிமுறை (Oil drop method) என்று பெயர் பெற்றது.

m பொருண்மையும் e மின்னூட்டமுமுடைய ஒரு தனி எண்ணெய்த்துளி சமநிலையில் இருக்கும்படி செய்வதற்கேற்றவாறு மின்புலத்தின் செறிவு X எனும் மதிப்பிற்குச் சரிசெய்யப்பட்டிருக்கிறது எனக் கொள். அப்பொழுது, $Xe = mg$ அல்லது $e = \frac{mg}{X}$.

புவிஈர்ப்பின் ஆளுகையினால் மட்டிலும் ஏற்படும் துளியின் திசைவேகம் v ஆனால், ஸ்டோக்ஸின் விதியைப் பயன்படுத்த,

$$6 \pi \eta a v = \frac{4}{3} \pi a^3 (\rho - \sigma) g.$$

இங்கு, காற்றின் மிதவை (buoyancy) கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ளப் பெற்றுள்ளது. ρ, σ என்பவை முறையே எண்ணெய், காற்று ஆகியவற்றின் அடர்த்திகள் (densities) ஆகும்.

$$\therefore \quad a^2 = \frac{9}{2} \cdot \frac{\eta v}{(\rho - \sigma) g}$$

மேலும் $m = \frac{4}{3} \pi \left[\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta v}{(\rho - \sigma) g}\right]^{\frac{3}{2}} \rho.$

m-ன் இந்த மதிப்பை மின்னேற்றத்திற்கான தொடர்பில் பதிலிட (substitute),

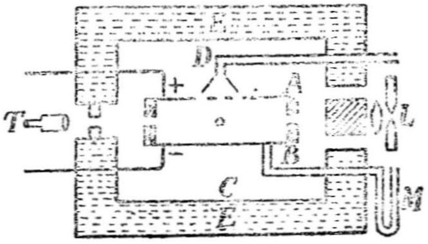
$$e = \frac{4}{3} \cdot \frac{\pi}{X} \left[\frac{9}{2} \cdot \frac{\eta v}{(\rho - \sigma) g}\right]^{\frac{3}{2}} g \rho.$$

X, η, v, ρ, σ ஆகியவற்றை அளப்பதனால், e-ன் மதிப்பைக் கண்டு கொள்ளலாம்.

மேற்கண்ட வாய்பாட்டை வருவித்த முறையில் எளிமைக்காக ஒரு துளியானது ஒரு தனி மின்னூட்டத்தைத்தான் பெற்றிருக்கின்றது எனத் தற்கோளாகக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், உண்மையில் சோதனை செய்யும் நிலைகளில் இது மெய்யானதாகக் காணப்படவில்லை. ஆனால், ஒரு துளி அலகுக்கு மேற்பட்ட மின்னேற்றத்தைப் பெறுகின்ற போதிலுங்கூட, அத்துளியை மிகவும் கவனமாகக் கவனித்துக் குறிப்பெடுப்பதன் வாயிலாக e-ன் மதிப்பைக் கண்டுகொள்வது இயலும். இதனை இப்பொழுது பார்ப்போம்.

விளக்கப் படம் 20-ல் காட்டப்பட்டுள்ள மில்லிகனின் சோதனை அமைப்பு ஒளியியலளவில் சமதளமாகவுள்ளதும் ஒன்றுக்

கொன்று 1·9 செ.மீ. தூரத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளதும், 20 செ.மீ. விட்டமுடையதுமான *A*, *B* எனும் இரு உலோகத் தகடுகளால்



படம் 20. மில்லிக்கனின் கருவி

ஆன ஒரு காட்சி அறையை (observation chamber) உடையது. இவ்விரு தகடுகளும் கடத்தாப் பொருள்களான கண்ணாடி அல்லது எபொனைட்டு (ebonite) கம்பிகளால் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று ஒரு குறிப்பிட்ட தூரத்திலிருக்குமாறு இணைக்கப்பெற்றுள்ளன. இதனால் அவை ஒன்றுக்கொன்று முழுக்க முழுக்க இணையாக இருக்கின்றன. இந்தக் காட்சி அறை ஒரு மாறாத வெப்பநிலையில் உள்ள எண்ணெய் முழுக்கினால் *E* முற்றிலும் சூழப்பட்டுள்ளது. *A*, *B* தகடுகளுக்கிடையே சேம மின்கலன்களால் (storage batteries) *10,000* வோல்ட்டுகள் வரிசையில் உயர்ந்த ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை நம் விருப்பத்திற்கேற்ப மின்னழுத்த அளவி (potentiometer) அமைப்பைக் கொண்டு மாற்றவோ அல்லது இரு தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள புலத்தைச் சுழியாகக் குறைப்பதற்காகக் குறுக்குப் பாய்ச்சலில் செல்லுமாறு செய்யவோ முடியும். மேல் தகடு *A* நேர்மின்னூட்டமுடையதாகச் செய்திருப்பதால், மின்புலம் புவிஈர்ப்பிற்கு எதிர்த்திசையிலும் பொதுவாக அதற்கு மேலோங்கியும் இருக்கும். கனமான, ஆவியாகாத ஓர் எண்ணெயின் நுண்ணிய துளிகள் திவலையாக்கித் தெளிக்கும் கருவியினால் (spray atomiser) அறைக்குள் *c* நுழைக்கப்பெறுகின்றன. இத்துளிகள் மெதுவாகக் கீழிறங்குகின்றன. சிற்சில சமயங்களில் இவற்றில் சில காட்சி அறையில் மேல்தகட்டின் **A** மையத்திற்கு நெருக்கமாக உள்ள ஊசித்துளைகளின் வழியாக அறையின் உள்ளே நுழைகின்றன. *A*, *B* ஆகிய தகடுகட்கிடையே உள்ள வெளி (space) *L* என்னும் ஆர்க்கிலிருந்து புறப்பட்டு நீர் அறைகளால் வெப்பக் கதிர்கள் தகுந்த முறையில் வடிகட்டப் பெற்று வருகின்ற ஒளியினால் தீவிரமாக ஒளியூட்டப்பெறுகின்றது. ஆற்றல் மிக்க இவ்வொளியில் துளிகள் காட்சியறையில் இருக்கின்ற வரையில் கண்ணருகு வில்லையில் (eye piece) அளவுகோலை

யுடைய குறுகிய குவியத் தொலைநோக்கி (short focus telescope) *T* யினைக் கொண்டு கவனிக்கலாம். அவை கருமையான பின்னணியில் ஒளிமிக்க புள்ளிகளாகத் தெரியும். பொதுவாக, காட்சியறையுள் நுழைகின்ற சிறு துளிகள் அவை தெளிக்கப் பெறும் செயலின்போது உண்டாகும் உராய்வினால் (friction) மின்னூட்டம் பெறுகின்றன. ஓர் எக்ஸ் கதிர்க் குழாயினைக் (படத்தில் காட்டப்பெறவில்லை) கொண்டு அறையினுள் புதிய அயனிகளை உண்டாக்க முடியும். இதனால், துளிகள் நேர், எதிர் ஆகிய இருவகை மின்னூட்டங்களையும் கூடுதலாக எடுத்துக் கொள்ள முடியும். இந் நிலைகளில் தனித்துளிகளைத் தொடர்ந்து கவனித்துக் குறிப்பெடுக்க முடியும். அதே துளியை, மின்புலத்தின் செறிவைத் தகுந்தவாறு சரிசெய்வதன் வாயிலாகப் பலமுறை மேலே அல்லது கீழே செலுத்தவோ அல்லது ஒரே இடத்தில் நிலையாக இருக்குமாறு செய்யவோ முடியும். துளி வெட்டி வெட்டிச் செல்வதிலிருந்து (jerky motion) அது கூடுதலான மின்னேற்றங்களை எடுத்துக் கொள்கின்றது என்பது தெளிவாகின்றது.

கண்காணிப்பதற்காக ஒரு துளியைத் தனியாகப் பொறுக்கி எடுத்துக்கொண்ட பிறகு, தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு வில்லையில் உள்ள அளவுகோலில் அடுத்தடுத்துள்ள கோடுகளை இத் துளியின் பிம்பம் கடப்பதற்காகின்ற நேரத்தைக் காண்பதன் வாயிலாகப் புவி ஈர்ப்பினால் மட்டிலும் துளி கீழே இறங்கும் வேகம் v_1 அளக்கப் பெறுகின்றது. சோதனையின்போது மின்புலத்தை வெட்டிவிட்டுத் துளியைத் தன் எடையினாலேயே வீழுமாறு விடுவதன் வாயிலாகப் பலமுறை இவ் அளவு எடுக்கப்படுகின்றது. அவ்வாறு கண்ட v_1-ன் மதிப்பு ஒரு மாறிலியாக இருந்தது. துளியின் அளவு மாறாது இருக்கின்றது என்பதனை இது குறிப்பாக உணர்த்துகின்றது. v_1-ன் மதிப்பைப் பயன்படுத்தித் துளியின் பொருண்மை கணக்கிடப்படுகிறது.

$$m = \frac{4}{3}\pi\left[\frac{9}{2}\cdot\frac{\eta v_1}{(\rho-\sigma)g}\right]^{\frac{3}{2}}\rho$$

A, B தகடுகளுக்கிடையே ஒரு தீவிரமான மின்புலத்தை நிலை நிறுத்துகின்றபொழுது சோதனைக்குட்பட்டுள்ள துளியின் கீழ் நோக்கிய இயக்கத்தில் ஒடுக்கத்தை (retardation) உண்டாக்கலாம். புலத்தின் செறிவைத் தகுந்தவாறு சரிசெய்வதனால் –X மதிப்பிற்கு என்று வைத்துக் கொள்வோம்—துளி புவி ஈர்ப்புக்கு எதிரிடையாக நேர்மின் தகட்டை (*A*) நோக்கி மேற்புறமாகச் செலுத்தப்படுகிறது. துளியின்மீதுள்ள மின்னூட்டம் மாறாமல் இருக்குமானால் இந்த மேனோக்கிய இயக்கம் ஒரு மாறாத திசைவேகத்துடன்

(v_2) இருக்கும். தெளிக்கும் செயலில் துளி ஓர் அலகிற்கு மேற்பட்ட மின்னூட்டத்தை ஏற்றிருக்கக் கூடுமாதலால் அதனுடைய மின்னூட்டத்தை e_n எனக் குறிக்க,

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{mg}{Xe_n - mg} \quad \ldots\ldots (1)$$

எனும் தொடர்பை நாம் பெறுகிறோம். ஆனால், இந்தக் காலம் நீண்ட தொடர்ச்சியான காட்சிப் பதிவுகளின் போக்கில் துளியின் மேனோக்கிய இந்தத் திசை வேகம் நிலையாக இல்லாமலும் போய் விடுகிறது. ஆனால் v_2 எனும் மதிப்பிலிருந்து திடீரென அதற்கு அதிகமாகவோ குறைவாகவோவுள்ள v_2' எனும் மற்றொரு மதிப்பிற்கு மாறுகின்றது. துளியின் திசைவேகம் இவ்வாறு மாறுவதற்கு, அது தன்னைச் சுற்றியுள்ள இடைநிலைப் பொருளில் இருக்கும் அயனிகளிலிருந்து மின்னூட்டங்களைத் தொடர்ச்சியற்ற முறையில் விட்டுவிட்டு ஏற்றுக்கொள்வதுதான் ஒரே காரணமாக இருக்க முடியும். துளியின் வேகம் இவ்வாறு விட்டுவிட்டு மாறுவது, அறையிலுள்ள வாயு எக்ஸ்-கதிர்களால் அயனியாக்கப் பெற்றால் அடிக்கடி நிகழக் காணப்பெறுகின்றது. இது, துளி தன்னுடைய பாதையில் இப்போது தாராளமாக வழங்கப் பெற்றுள்ள அயனிகளிலிருந்து அயன மின்னூட்டங்களை அடிக்கடி எடுத்துக்கொள்கிறதெனப் பொருள்படும். தொடர்ந்து மாறிக் கொண்டிருக்கின்ற துளியின் திசைவேகங்களை, தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு வில்லையில் அடுத்தடுத்துள்ள அளவு கோடுகளைத் துளி கடப்பதற்கான நேரத்தைக் காண்பதன்மூலம் அளக்கலாம்.

புதியதாக மின்னூட்டங்களைப் பெற்றதனால் துளியின் நேர் வேகம் v_2' ஆகவும் அதற்கியையத் துளியின்மீதுள்ள மின்னேற்றம் e_n' ஆகவும் மாறினால்,

$$\frac{v_1}{v_2'} = \frac{mg}{Xe_n' - mg} \quad \ldots . \; (2)$$

என நாம் எழுதலாம்.

$$\therefore \quad \frac{v_1}{v_2' + v_1} = \frac{mg}{Xe_n'}$$

எனவே $$e_n' = \frac{mg}{Xv_1}(v_1 + v_2')$$

மேலும் $$e_n = \frac{mg}{Xv_1}(v_1 + v_2)$$ … (1) சமன்பாட்டிலிருந்து

$$\therefore \quad e_n' - e_n = \frac{mg}{Xv_1}(v_2' - v_2) \quad \ldots \; (3)$$

இத் தொடர்பில் $(e_n' - e_n)$ என்பது துளியின் நேர்வேகத்தை v_2 லிருந்து v_2'-க்கு மாற்றுவதற்குக் காரணமாயிருந்த, துளி எடுத்துக் கொண்ட கூடுதலான மின்னேற்றங்களின் அளவு $\frac{mg}{Xv_1}$ ஒரு மாறிலியானதால்,

$$(e_n' - e_n) \propto (v_2' - v_2)$$

இதிலிருந்து, துளி ஏற்கின்ற மின்னூட்டம் அதன் திசைவேகத்தில் உண்டாகின்ற மாறுதலுக்கு எப்பொழுதும் நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் என்பது பொருள்படுகின்றது.

ஒரு தனித் துளியை மிகப் பலமுறை கவனித்து எடுத்த $(v_2' - v_2)$-ன் மதிப்புகளில் சில நேர்க்குறியுடையனவாகவும் (positive) அ-து., $v_2' > v_2$ மற்றவை எதிர்க் குறியுடையனவாகவும் (nagative), அ-து., $v_2' < v_2$ இருந்தாலும் அவை யாவும் அவற்றுள்ளேயே மிகக்குறைந்த மதிப்பின் கிட்டத்தட்ட முழு எண் பெருக்கங்களாக இருக்கக் காணப்பெறுகின்றன. இது, துளி நேர்மின்னேற்றம், எதிர்மின்னேற்றம் ஆகிய இரண்டையுமே எடுத்துக் கொள்ளக்கூடும் என்பதனையும், ஆனால் அதன் அளவு $(v_2' - v)$-ன் சிறும மதிப்பிற்கு இயைந்த மிகக் குறைந்த அளவு மின்னேற்றத்தின் முழு எண் பெருக்கங்களாகவே அப்பொழுதும் இருக்கும் என்பதனையும் காட்டுகின்றது. $(e_n' - e_n)$-ன் மதிப்புகள் எலெக்ட்ரான் மீதுள்ள அடிப்படை மின்னேற்றத்தின் e பெருக்கங்களே. எனவே, இதனை

$$e = \pm \frac{mg}{Xv_1} (v_2' - v_2)_{\text{சிறுமம்}} \qquad \dots \quad (4)$$

எனும் தொடர்பிலிருந்து பெறலாம்.

எனினும், இவ்வாறு மதிப்பிடப்பட்ட e-ன் மதிப்புச் சற்றும் மாறுது இருக்கக் காணப்பெறவில்லை. இம் மதிப்புப் பெரிய துளிகளை விடச் சிறிய துளிகளுக்குப் பெரிதாக இருந்தது. வாயு இடைநிலைப் பொருள் ஒன்றில் இயங்குகின்ற மிக நுண்ணிய துளிகளைப் பொறுத்த தற்போதைய நிகழ்ச்சிக்கு ஸ்டோக்ஸின் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது அதற்கு வாயு மூலக்கூறுகளின் சராசரி மோதலிடைத் தூரம் (mean free path) λ ஐயும் துளியினது ஆரம் a-யையும் பொறுத்திருக்கிற ஒரு மாறுதலைச் செய்யவேண்டும் என்கின்ற உண்மையே இம் முரண்பாட்டிற்குரிய காரணம். துளிகளின் மீது தொழிற்படுகின்ற உராய்வு விசை $6 \pi \eta a v_1$ என்பது சரியில்லை. $6 \pi \eta a v_1 \left(1 + \frac{\beta \lambda}{a}\right)$ என்பதே சரியாகும். இங்கே

β ஒரு மாறிலி. மிகச் சிறு துளிகளைப் பயன்படுத்தும்போது இத் திருத்தம் மிகவும் இன்றியமையாததாகிறது. மேலும் துளியினது பொருண்மை m-ல் ஏற்படும் மாறுதல் வாயிலாக e-க்கான கோவையைப் பாதிக்கின்றது (சமன்பாடு 4). வேறுபட்ட அளவுடைய பல துளிகளின் ஆரத்தின் (a) மதிப்பு மாறுவதற்கேற்ப மாறுகின்ற e-ன் மதிப்பிற்கு ஒரு வரைபடம் வரைவதன் வாயிலாக β-ன் மதிப்புப் பெறப்படுகிறது.

எண்ணெய், கிளிசரின் (glycerine), பாதரசம் போன்ற பல வேறு திரவங்களின் வேறுபட்ட அளவுடைய பல துளிகளைப் பெருமளவில் மாறுபட்ட அழுத்தங்களில் அறையிலுள்ள காற்று, நீரகம் போன்று பலவேறு வாயுக்களில் கவனித்து ஆயிரக்கணக்கான அளவீடுகளை மில்லிகன் எடுத்தார். தனித்துளிகள் பல மணி நேரம் சேர்ந்தாற்போல் ஆராயப்பட்டன. அவர் கண்ட முக்கியமான முடிவுகளைக் கீழ்கண்டவாறு சுருக்கிக் கூறலாம்:

(1) மில்லிகன் கண்ட e-ன் மதிப்பு $4{\cdot}774 \times 10^{-10}$ நி.மி.அ. அல்லது $1{\cdot}59 \times 10^{-20}$ மி.கா.அ. இம் முடிவில் உள்ள பிழைக்கான முக்கியக் காரணம் காற்றின் பாகுநிலை எண்ணிற்குப் (coefficient of viscosity) பயன்படுத்தப்பெறும் மதிப்பையே பொறுத்திருக்கிறது. இம் மதிப்பு அண்மைக் காலத்தில் மிகவும் கவனத்துடன் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அதனால், மிகவும் நுட்பமான மற்ற முறைகள் பலவற்றினால் கிடைத்த e-ன் மதிப்பிற்கு மிகவும் ஒத்திருக்கிற $4{\cdot}8036 \times 10^{-10}$ நி. மி. அ. அல்லது $1{\cdot}6012 \times 10^{-20}$ மி.கா.அ. எனும் மதிப்புக் கிட்டியது.

(2) எல்லா அயனிகளும்—நேர்மின் அயனியாகவோ எதிர்மின் அயனியாகவோ இருந்தாலும்—சுமக்கின்ற அடிப்படை மின்னூட்டம் ஒன்றே. மேலும் எலெக்ட்ரான்மீதுள்ள மின்னூட்டம் மாறுகின்ற ஓர் அளவினுடைய புள்ளியியல் சராசரி அன்று. ஆனால், அது ஒரு திட்டவட்டமான அணு அலகாகும். இவ்வாறு மின்சாரத்தின் அணு அமைப்பு மிகவும் தீர்மானமான ஒரு முறையில் நிறுவப்பெற்றது.

எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை அல்லது நிறை

எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை e, $\frac{e}{m}$ ஆகியவற்றின் அளக்கப் பெற்ற மதிப்புகளை இணைத்துக் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றது.

$$e = 1{\cdot}6 \times 10^{-20} \text{ மி.கா.அ.}$$

$$e/m = 1{\cdot}76 \times 10^{7} \text{ மி.கா.அ.}$$

$$\therefore \quad m = \frac{e}{e/m} = \frac{1{\cdot}6 \times 10^{-20}}{1{\cdot}76 \times 10^{7}} = 9{\cdot}1 \times 10^{-28} \text{ கிராம்.}$$

இந்தப் பொருண்மை எலெக்ட்ரானின் ஓய்வுநிலை-நிறை (rest-mass) எனக் கருதப்படுகின்றது. ஓய்வுநிலை நிறையாவது எலெக்ட்ரான் இயக்கம் ஓய்ந்து அல்லது ஒளியின் வேகத்துடன் ஒப்பு நோக்கக் குறைந்த நேர்வேகங்களில் இயங்கும்போது உள்ள பொருண்மை. ஏனெனில், தற்காலத்தில் ஒப்புமைக் கொள்கையின்படி ஒரு பொருளின் பொருண்மை மாறுகின்ற ஓரளவாகும். இது பொருளின் நேர்வேகத்தைப் பொறுத்திருக்கின்றது. வேகம் அதிகரிக்கப் பொருண்மையும் அதிகமாகும். இது

$$m = m_0 / \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$ எனும் தொடர்பினால் விவரிக்கப்படுகின்றது. இங்கே m_0 என்பது ஓய்வுநிலை-நிறை, m என்பது v எனும் திசைவேகத்தில் செல்லும்பொழுது பொருளின் அதிகரித்த நிறை, c என்பது ஒளியின் நேர்வேகம். இத் தொடர்பிலிருந்து, ஒளியின் வேகத்தோடு ஒப்பிடத்தக்க அளவு மிகவும் உயர்ந்த வேகங்கள் தவிர மற்ற வேகங்களில் அதிகமாகும் நிறையின் அளவு உணர முடியாத அளவு மிகச் சிறியது என்பது தெரிகின்றது.

ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறை M ஐ, ஹைட்ரஜனின் அணு எடை (atomic weight) மற்றும் ஒரு கிராம்-அணுவிலுள்ள (gram-atom) அணுக்களின் எண்ணிக்கையாகிய அவாகாட்ரோவின் எண் (Avogadro's number) N ஆகியவற்றிலிருந்து கணக்கிடலாம்.

ஹைட்ரஜனின் அணு எடை $= 1{\cdot}008$

அவோகாட்ரோவின் எண் N $= 6{\cdot}03 \times 10^{23}$

$$\therefore \quad M = \frac{1{\cdot}008}{6{\cdot}03 \times 10^{23}} = 1{\cdot}67 \times 10^{-24} \text{ கிராம்.}$$

எலெக்ட்ரான் மற்றும் ஹைட்ரஜன் அணு ஆகியவற்றின் பொருண்மைகளை ஒப்பிட,

$$\frac{M}{m} = \frac{1{\cdot}67 \times 10^{-24}}{9{\cdot}10 \times 10^{-28}} = 1835$$

எலெக்ட்ரான் எதிர்மின்னூட்டமும் ஹைட்ரஜன் அணு நேர் மின்னூட்டமும் பெற்றிருந்தாலும் மின்னூட்டத்தின் அளவைப் பொறுத்தவரையில் அவை சமமாக அதாவது ஓர் அடிப்படை அலகு மின்னூட்டமுடையனவாக உள்ளதால் (இது மில்லிகனின் ஆராய்ச்சிகளால் தெளிவாக நிறுவப்பட்டது) எலெக்ட்ரான் அணுக்களிலேயே இலேசான ஹைட்ரஜனைக் காட்டிலும் 1835 மடங்கு இலேசானது என நாம் முடிவு கட்டலாம்.

எலெக்ட்ரானின் பொருண்மைக்குரிய காரணம் முற்றிலும் மின்சார அடிப்படையேயென நம்புவதற்குக் காரணங்கள் உள்ளன. எலெக்ட்ரான் ஆனது ஒரே சீராக மின்னூட்டம் பெற்று நேர்கோட்டின் ஒரே சீரான திசைவேகத்தோடு சென்றுகொண்டிருக்கிற ஒரு கோளமெனக் கொண்டு முதுபழ மின்காந்தக் கொள்கையின் (classical electro magnetic theory) அடிப்படையில் மின்னூட்டம் ஒன்றினால் மட்டிலுமே எலெக்ட்ரான் பொருண்மையைப் பெற்றிருக்கிறதென ஜே.ஜே. தாம்சனால் (J.J. Thomson) காட்ட முடிந்தது. இயக்கத்திலிருக்கும் எலெக்ட்ரானின் மின்காந்த ஆற்றலுக்கு அவரால் வருவிக்கப்பட்ட கோவை $\frac{1}{2}\left(\frac{2}{3} \cdot \frac{\mu e^2}{a}\right) v^2$ ஆகும். இங்கே μ என்பது இடைநிலைப் பொருளின் காந்த ஊடுருவுந்திறன் (permeability), e, a, v என்பன முறையே எலெக்ட்ரானின் மின்னூட்டம், ஆரம், திசைவேகம் ஆகும். இதனை இயக்கத்திலிருக்கும் ஒரு பொருளின் இயங்கு ஆற்றலுக்கான (kinetic energy) சாதாரணக் கோவையுடன் அ-து., $\frac{1}{2}mv^2$ ஒப்பு நோக்க, முழுவதும் தன் மின்னேற்றத்தினாலேயே எலெக்ட்ரான் பெற்றிருக்கும் பொருண்மை $\left(\frac{2}{3} \frac{\mu e^2}{a}\right)$ எனக் காண்கிறோம். இப் பொருண்மை மின்காந்தப் பொருண்மை (electro-magnetic mass) அல்லது மின்பொருண்மை (electrical mass) எனப்படும். இவ்வாறு, மின்சாரத்தின் இறுதி அணுவாகிய எலெக்ட்ரானுக்குப் பருப்பொருள் எண்ண அடிப்படையில் பொருண்மை இல்லை. ஆனால், அதன் பொருண்மைக்குரிய காரணம் முற்றிலும் மின்சாரமே என்ற சுவையான, முக்கியத்துவம் வாய்ந்த முடிவுக்கு வருகின்றோம்.

எலெக்ட்ரானின் ஆரம் : எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை முழுவதும் மின் அடிப்படையுடையதே எனும் தற்புனைவைக் கொண்டு எலெக்ட்ரானின் ஆரத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு மதிப்பிடலாம் :

$$m = \frac{2\mu e^2}{3a} \quad \text{அல்லது} \quad a = \frac{2\mu e^2}{3m}$$

காற்றிற்கு $\mu = 1$ எனவும், $e = 1{\cdot}6 \times 10^{-20}$ மி.கா.அ. $m = 9{\cdot}1 \times 10^{-28}$ கிராம் எனவும் எடுத்துக்கொள்ள,

$$a = \frac{2 \times 1 \times (1{\cdot}6 \times 10^{-20})^2}{3 \times 9{\cdot}1 \times 10^{-28}} = 1{\cdot}875 \times 10^{-13} \text{ செ.மீ.}$$

ஆகையால், எலெக்ட்ரானின் அளவை எந்த ஒரு தனிமத்தின் அணுவினுடைய அளவையுடனும் (இது 10^{-8} செ. மீ. எனும் வரிசையில் இருக்கும்) ஒப்பு நோக்க மிகமிகச் சிறியதாகும். எலெக்ட்ரான் திட்டவட்டமான ஆரத்தையுடைய ஒரு மின் கோளம் (spherical charge) எனும் பழைய கருத்திற்குப் புதுமை யான அறிவியல் எண்ணப் போக்கு உத்தரவாதம் அளிக்கவில்லை. இப் புதிய எண்ணத்தின்படி தொன்மை மின்காந்தக் கொள்கையை நுண்ணிய அணு அமைப்புகளுக்கு இனியும் பயன்படுத்த முடியாது. நுண்ணிய அணுக்களுக்கே பொருந்தாததனுல் அவற்றினும் நுண் ணிய எலெக்ட்ரான்களுக்கு இவை சற்றும் பொருந்தாது. இவற்றை நாம் பின்னுல் பார்ப்போம்.

இயங்கும் எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல்: இயக்கத்திலிருக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல் தற்காலத்திய ஆராய்ச்சிகளில் ஓர் இன்றியமையாத காரணியாகும். ஏனெனில், எலெக்ட்ரானை நேரடியாகப் பார்க்க முடியாது; சாதாரண வழிகளில் அதனைக் கண்டுபிடிக்கவும் முடியாது. அது செயற்படும் பொழுதுதான் அது உளதெனும் நிலையை உணரமுடியும். அதற்கு எலெக்ட்ரான் இயக்கத்திலிருக்க வேண்டும். எலெக்ட்ரானை ஒரு நிலைமின் புலத் திற்கு ஆட்படுத்துவதன் வாயிலாக இதனைச் செய்ய முடியும். ஒரு வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடுடைய ஒரு மின்புலத்தில் அதனை நகரச்செய்தால், மின்னழுத்த வேறுபாடு × மின்னேற்றம் என்பதால், கிடைக்கின்ற அளவு இயக்க ஆற்றலை, அதாவது $\left(\frac{1}{300}\right) \times 4{\cdot}767 \times 10^{-10}$ பெறுகின்றது. இங்கே மின்னழுத்த வேறு பாடும், மின்னூட்ட நி.கா.அ,-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவ் வாற்றல் $1{\cdot}589 \times 10^{-12}$ எர்குகளுக்குச் சமம். இந்த ஆற்றல் அணுத் துகள்கள், அணுவினும் சிறிய துகள்கள் ஆகியவற்றின் ஆற்றல்களைக் குறிப்பிடுவதற்குப் பயன்படும், எதேச்சையாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட அலகாகிய எலெக்ட்ரான் வோல்ட் என அழைக்கப் பெறுகின்றது. ஓர் எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுக்கு இயைந்த ஆற்றல் மிகவும் சிறியதானதால் ($1{\cdot}589 \times 10^{-12}$ எர்குகள்), ஆற்றல்கள் பெரும்பாலும் கிலோ-எலெக்ட்ரான், வோல்ட்டுகளாலும் (கி.எ.வோ.) மில்லியன்-எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளாலும் (மி.எ.வோ.) குறிக்கப்படுகின்றது. 50,000

வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடுடைய மின்னிழப்புக் குழாய் ஒன்றிலிருந்து வரும் எதிர்முனைக்கதிர் அருவியில் உள்ள ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானும் 50,000 எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள் அல்லது 50 கி.எ.வோ ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கின்றன. அத்தகைய எலெக்ட்ரான், எலெக்ட்ரான்கள் ஒளிர்தலைத் (flourescence) தூண்டுகின்றன, வாயுக்களை அயனியாக்குகின்றன. வேறு எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. இன்னும் பல செய்கின்றன. இவற்றால் அவை இருத்தலை எளிதில் கண்டுகொள்ளலாம்.

எலெக்ட்ரான் கொள்கை (The Electron Theory)

எல்லாவகைப் பொருள்களின் அமைப்பிலும் எலெக்ட்ரான்கள் பங்கு பெறுகின்றன எனும் உண்மையை ஏற்றுக் கொள்ளுதலால் பொருள்களின் பௌதிகப் பண்புகளில் (physical properties) பலவற்றை எலெக்ட்ரான் கொள்கை எனப்படும் ஒரு தனிக் கோட்பாட்டின் அடிப்படையில் விளக்க இயலுகின்றது. ஒளி விலகல் (refraction), நிறப்பிரிகை (dispersion), வெப்பம் கடத்தும் திறன் (thermal conductivity), மின்கடத்தும் திறன் (electrical conductivity), பரா காந்தப்பண்பு (para-magnetic), டயா காந்தப் பண்பு, (dia-magnetic) ஸீமன் விளைவு போன்ற வேறுபட்ட பௌதிக நிகழ்ச்சிகள் ஏறத்தாழத் திருப்திகரமான முறையில் விளக்கப்பெற்றன. இந் நிகழ்ச்சிகளுள் சிலவற்றை இங்கே நாம் பார்ப்போம். ஆய்வுகளினால் கிடைக்கும் உண்மைகளைப் புரிந்து கொள்வதற்கு எலெக்ட்ரான் கொள்கை எவ்வாறு பயன்படுத்தப் படுகின்றது என்பதனை இவை விளங்கச் செய்யும்.

உலோகங்களின் மின் கடத்தல்

எலெக்ட்ரான் கொள்கை முதன்முதலில் ரீக் (Riecke) என்பவரால் கூறப்பட்டது. பின்னர் உலோகக் கடத்திகளில் (metallic conductors) மின்னோட்டத்தை உட்படுத்திய ஓமின் விதி (Ohm's law), ஜூலின் விதி (Joule's law) போன்ற ஆய்வு அடிப்படை விதிகளை விளக்குவதற்காக ட்ரூட் (Drude) என்பவரால் முன்னினும் விவரமாகவும் தெளிவாகவும் கூறப்பட்டது. கீழ்க் கண்ட பொதுவான தற்கோள்கள் செய்து கொள்ளப்பட்டன:

(அ) கடத்திகளில் கட்டுப்பாடற்ற எலெக்ட்ரான்கள் (free electrons) மிகப் பல இருக்கின்றன. இவை அணுக்களிலிருந்து தனியே பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அதனால் அணுக்களின் இடைவெளியில் (inter-atomic space) கட்டுப்பாடில்லாமல் திரியக் கூடியவை. ஆனால், கடத்தாப் பொருள்களில் (insulators) எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்களுடன் கட்டுண்டுள்ளன. அதனால்

அவை அமைதிநிலையிலிருந்து (equilibrium) நலிந்து ஏற்படும் (strained) சிறிய இடப்பெயர்ச்சி (displacement) தவிர்த்து மற்றபடி கட்டுப்பாடில்லாமல் திரிய முடியாது. உலோகங்களில் மின்னோட்டம் மின்னாற் பகுபொருள்களில் (electrolytes) நிகழ்வது போல் பொருள்களின் போக்குவரத்தால் நடைபெறுவதில்லை என்கின்ற உண்மையே இக் கருத்திற்கு இடம் கொடுத்தது. ஆகையால், மின்சாரத்தின் இறுதியான, பருப்பொருளல்லாத பகுதியான எலெக்ட்ரான் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபொழுது உலோகங்களில் மின்சாரத்தின் ஊர்திகளாக அவற்றை எண்ணுவது இயற்கையே. மேலும் வெப்ப அயனி விளைவு (thermionic effect) ஒளிமின் விளைவு (photo electric effect) போன்ற சில நிகழ்ச்சிகள் கட்டுப்பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்களைப் பொருளின் மற்றப் பகுதிகளிலிருந்து பிரிக்க முடிவது மிகவும் எளிதெனச் சுட்டிக்காட்டின.

(ஆ) கட்டுப்பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்களுக்கு வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கையினைச் (kenetic theory) சில வரையறைகளுக்குள் கையாளுதல் இரண்டாவது தற்கோளாகும். அவை மாக்ஸ்வல்லின் திசைவேகங்களின் பங்கீட்டுப்படி (Maxwellian distribution of velocities), தன்னிச்சையாக அங்குமிங்குமாக இயங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன என்று கருதப்படுகின்றது. இதனால், அவற்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் அதே வெப்பநிலையிலுள்ள வாயு மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமாக இருக்கின்றது. மாறாக, உலோகத்திலுள்ள நேர்மின் அயனிகள் நிலையான இடங்களிலேயே இருக்கின்றன.

மின்புலம் இல்லாதபொழுது, கட்டுப்பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்கள் கடத்தியுடன் வெப்பச் சமநிலையில் அ.து., அவற்றின் சராசரி இயக்க ஆற்றல் கடத்தியின் மூலக்கூறுகளின் இயக்க ஆற்றலுக்குச் சமமாக இருக்கும் அளவில், கடத்தியின் உட்புறத்தே ஒழுங்கற்ற முறையில் எல்லாத்திசைகளிலும் திரிகின்றன. கடத்தியின் இரு புள்ளிகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைத் தொழிற்படுத்துவதன் வாயிலாக ஒரு மின்புலத்தை நிலைநிறுத்தும்பொழுது கட்டுப்பாடற்ற எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் அவை எதிர் மின்னூட்டம் உடையவையானதால் மின்புலத்திற்கு எதிரான திசையில் கூடுதலாக ஓர் இயக்கத்தினைப் பெறுகின்றன. 'கடத்தும்' எலெக்ட்ரான்கள் வெளி அணிகோவையினால் (space lattice) பெரிதாக எதுவும் தடைசெய்யப்படுவதில்லை என்று நாம் கொள்ளவேண்டும். இந்த அணுக்கள் மற்றும் அயனிகளினால் உண்டாகும் விசைகளின் விளைவு அநேகமாக எலெக்ட்ரான்களைச் சற்றுக் கூடுதலாகவோ அல்லது குறைவாகவோ ஒதுக்குவதாக இருக்கக்கூடும். எவ்வாறாயினும், இறுதியில் இயக்கத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான் ஓர் அயனி அல்லது அணுவினால் விரைந்து

பற்றப்படவேண்டும். பிறகு மற்றோர் எலெக்ட்ரான் இயக்கத்தைத் தொடர்கின்றது. அதனால், ஓர் அலகு பருமனில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை சராசரியாகப் பார்க்கும்போது மாறாதிருக்கின்றது. ஓர் உலோகக் கடத்தியில் மின்னோட்டம் என்பது மின்புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் எலெக்ட்ரான்களின் அருவி நகர்தலே ஆகும். புலத்தினது வேக வளர்ச்சியை உண்டாக்கும் செயலினால் எலெக்ட்ரான்கள் அடையும் வேகக்கூறு (velocity component) சிறிது நேரத்தில் அழிந்துவிடுகிறது. எலெக்ட்ரான் ஓர் அயனியுடன் சேர்வதால் முழுதும் ஓய்ந்த நிலைக்குக் கொண்டுவரப்படுவதாலோ அல்லது புலத்திற்குச் செங்கோணமான திசையில் செல்கின்ற வரையில் வெற்றிகரமாக ஒதுக்கப்படுவதாலோ இது நிகழ்கின்றது. எனவே, வெப்பக் கிளர்ச்சியுற்ற வாயுவின் மூலக்கூறுகளைப்போல எலெக்ட்ரான்களும் ஒரு சராசரி தடையிலாப் பாதையை அதாவது இரு மோதல்களுக்கிடையே செல்லும் சராசரித் தூரத்தைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். மோதல்களினால் உண்டாகும் வேகக் குறைவே மின்தடையாக அமைகின்றது

இந்த மோதல்களின் விளைவாக எலெக்ட்ரான்கள் புலத்திலிருந்து பெற்ற இயக்க ஆற்றல் வெளியில் (space) எல்லாத் திசைகளிலும் உள்ள அணுக்களினால் பகிர்ந்துகொள்ளப்படுகிறது. அதனால் ஒருமுகமான ஆற்றலில் குறைந்தது ஒரு பகுதியாவது திசைக்குறிப்பற்ற ஆற்றலாக மாற்றப்படுகின்றது. ஆனால், அத்தகைய குறிப்பற்ற ஆற்றல் வெப்பமாகும். இவ்வாறாக, மின்புலத்தில் குறிப்பிட்ட திசையிலுள்ள இயக்கத்தை எதிர்க்கின்ற ஓர் உராய்வுத் தடைவிசைக்கு எலெக்ட்ரான்களை ஆட்படுத்தினாற்போன்று நிலையாகவுள்ள அயனிகள் மற்றும் அணுக்களின் செயலால் மின் ஆற்றலில் ஒரு பகுதி வெப்பமாக மாற்றப்படுகின்றது. எலெக்ட்ரான்களில் திசைவேகம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அ-து., புலத்தின் செறிவு அதிகரிக்க வெப்பமாக மாற்றப்படும் மின் ஆற்றலின் பகுதி அதிகரிக்கும் என்பது வெளிப்படை. ஜூலின் விதிப்படி (Joule's law) மின்னோட்டத்தினால் ஏற்படும் வெப்ப விளைவிற்கு இது காரணமாக அமைகின்றது.

புலத்தின் ஆளுகையில் எலெக்ட்ரான்கள் இறுதியாகப் புலத்தின் திசையில் குறிப்பிட்ட ஒரு சராசரி வேகத்தை அடைகின்றன. இத் திசைவேகக் கூறின் (velocity component) அளவு புலத்தின் செறிவிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கின்றது. இயக்க ஆற்றல் வெப்பமாக மாற்றப்படுகின்ற வீதம் புலத்திலிருந்து ஆற்றல் கொடுக்கப்படுகின்ற வீதத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்போது இந்த இறுதி வேகத்தை அடைகின்றது. சராசரி வேகந்

கூறு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கின்றதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதிகமாகக் கடத்தியின் வழியாக மின்சாரம் செல்கின்றது. அ-து., மின்னோட்டம் அதிகமாகின்றது. மின்னோட்டத்தின் அடர்த்தி (current density) அ-து., மின்னோட்டத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் ஓர் அலகு பரப்பளவில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் வலு மின்புலத்தின் செறிவைமட்டுமல்லாது சராசரி மோதலிடைத் தூரத்தையும், எலெக்ட்ரான்களின் அடர்த்தியையும் பொறுத்திருக்கின்றது. கடைசி இரண்டு காரணிகளும் ஒவ்வொரு கடத்திக்கும் உரிய மாறா எண்களாகும். அவை இரண்டும் சேர்ந்து கடத்தியின் மின்தடை எண்ணின் (specific resistance) தலைமாற்று (reciprocal) மதிப்பு ρ, மின் கடத்தும் எண் σ (specific conductivity) ஆகியவற்றை நிர்ணயிக்கின்றன.

கணிதக் கோவை ஒன்றினைப் பெறுவதற்கேற்ப மேலே விவரித்த முறையைப் பகுத்துப் பார்ப்போம். கடத்தியின்மீது செயல்படுத்தப்பெறும் மின் செறிவினை (electric intensity) X எனவும், e, m என்பன முறையே எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றமும் பொருண்மையும் எனவும், கடத்தி செய்யப்பட்டுள்ள பொருளுடன் வெப்பச் சமநிலையில் இருக்கும்போது எலெக்ட்ரானின் வேகம் v எனவும் கொள்.

இயக்கக் கொள்கையின் தத்துவப்படி,

$$\frac{1}{2} mv^2 = \alpha T \qquad \ldots(1)$$

இங்கே α என்பது ஒரு மாறிலி, T என்பது தனிமுதல் வெப்பநிலை (absolute temperature).

ஓர் அணு அல்லது அயனியுடன் நிகழ்கின்ற ஒவ்வொரு மோதலுக்குப் பிறகும் எலெக்ட்ரான் v வேகத்தில் மீண்டும் புறப்பட்டு அடுத்த மோதலுக்குள் கடக்கின்ற t நேரத்தில் மின்புலத்தின் ஆட்சிக்கும் அதனால் Xe எனும் விசைக்கும் ஆட்படுத்தப்படுகின்றது. இவ் விசை எலெக்ட்ரானுக்கு மின்புலத்தின் திசையில் ஒரு முடுக்கத்தைக் (a) கொடுக்கின்றது. இம் முடுக்கத்தை

$$a = \frac{Xe}{m} \qquad \ldots\ldots(2)$$

எனும் தொடர்பு கொடுக்கின்றது.

எலெக்ட்ரானின் சராசரி மோதலிடைத் தூரம் l ஆனால், அடுத்தடுத்த இரு மோதல்களுக்கிடையே ஆகும் நேரமாகிய t,

$$t = \frac{l}{v} \qquad \ldots\ (3)$$

என்பதிலிருந்து கிடைக்கின்றது.

எலெக்ட்ரான் மின்புலத்தின் திசையில் அதே t நேரத்தில் செல்லுகின்ற சராசரித் தூரம்

$$x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{Xe}{m}\right)\frac{l^2}{v^2}$$

புலத்தின் திசையில் எலெக்ட்ரானின் சராசரித் திசைவேகம் V ஆனால்,

$$V = \frac{x}{t} = \frac{1}{2} \frac{Xe}{m} \cdot \frac{l}{v} .$$

$$\text{சமன்பாடு (1) லிருந்து } m = \frac{2\lambda T}{v^2}$$

$$\therefore \quad V = \frac{1}{2} \cdot \frac{Xev^2}{2\lambda T} \cdot \frac{l}{v} = \frac{Xelv}{4\lambda T}$$

கடத்தியின் ஓர் அலகு பருமனில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை n ஆகவும், மின்னோட்டத்தின் செறிவு i ஆகவும் இருந்தால்

$$i = neV = \frac{nXe^2lv}{4\lambda T} \qquad \ldots\ldots(4)$$

மின் கடத்தும் எண்ணாகிய σஐ ஓர் அலகு மின் அழுத்தச் சரிவு வீதத்தில் (potential gradient) கடத்தியின் ஓர் அலகு பரப்பளவு குறுக்குவெட்டின் வழியாக ஓர் அலகு நேரத்தில் செல்லும் மின்சாரத்தின் அளவு என வரையறை (define) செய்யலாம். σ-ன் மதிப்புக் கீழுள்ள தொடர்பில் கொடுக்கப்படுகின்றது.

$$q = \sigma . A . \frac{E}{d} . t$$

இங்கே, q என்பது, $\frac{E}{d}$ எனும் மின்னழுத்தச் சரிவு வீதத்தினால்—E என்பது d தூரத்திலுள்ள கடத்தியின் இரு முனைகட்கு இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு—கடத்தியின் மொத்தக் குறுக்களவாகிய A பரப்பின் வழியாக t நேரத்தில் செல்லுகின்ற மின்சாரத்தின் அளவு.

$$\therefore \quad \sigma = \frac{q}{A\left(\frac{E}{d}\right)t}$$

$\frac{q}{A} = i$ எனும் மின்னோட்டத்தின் அடர்த்தியும், $\frac{E}{d} = X$ எனும் மின்புலத்தின் செறிவும் ஆனதால், $t = 1$ எனக் கொள்

ளும்போது $\sigma = \frac{i}{X}$ என அடைகின்றோம். (4) ஆவது சமன்பாட்டி லிருந்து i-ன் மதிப்பிற்குப் பதிலிட,

$$\sigma = \frac{ne^2 lv}{4\lambda T} \qquad \ldots\ldots(5)$$

மேலும் மின்தடை எண் $\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{4\lambda T}{ne^2 lv} \qquad \ldots\ldots(6)$

மின்னோட்டத்தின் அடர்த்தி புலத்தின் செறிவாகிய X, எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி *n*, சராசரி தடையிலாப் பாதை *l* ஆகிய வற்றைப் பொறுத்திருக்கிறதென்பது (4) ஆவது தொடர்பிலிருந்து காணப்பெறுகிறது.

கடத்தும் திறனாகிய σ-க்கான கோவையில் [(5) ஆவது சமன் பாடு] பொருளுக்குப் பொருள் பெருமளவில் மாறுபடக்கூடிய ஒரே அளவு *n* தான். எனவே, மாறுபட்ட பொருள்களின் மின் கடத்தும் திறன்களின் வேறுபாடுகள் அவற்றிலுள்ள கட்டுப்பாடில் லாத எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையிலுள்ள வேறுபாட்டைப் பொறுத்ததே.

ஒரு கடத்தியின் மின்தடை ஓமின் விதிக்கேற்ப மின்னோட் டத்தின் அளவைச் சாராதிருக்கின்றதென்பது (6) ஆவது சமன் பாட்டிலிருந்து தெரிகின்றது. *nlv* என்னும் பெருக்குத் தொகை வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று எனக் கொண்டால், மின்தடை எண் ρ (specific resistance) தனிமுதல் வெப்பநிலை T-க்கு நேர்விகி தத்தில் இருக்கின்றது. அதனால் தனிச் சுழியில் ρ-ன் மதிப்பு மறைந்து விடவேண்டும். திவார் (Dewar), ஃப்ளமிங் (Fleming) ஆகியோர் தூய உலோகங்களைக் கொண்டு செய்த ஆராய்ச்சிகள் கடத்திகளின் மின்தடை வெப்பநிலைக்கேற்ப மாறுபடுகின்றதென் பதனை மிகக் குறைந்த வெப்பநிலைகள் வரையில் உண்மையென உறுதி செய்தன.

வெப்பம் கடத்தும் திறன்

மின் கடத்தும் திறனுக்கும் வெப்பம் கடத்தும் திறனுக்கு மிடையேயுள்ள நெருங்கிய தொடர்பு நீண்ட காலமாகவே தெரிந்திருந்தது. மிகவும் முற்பட்ட காலத்திலேயே அதாவது 1853ஆம் ஆண்டில் வீட்மன் (Wiedmann), ஃப்ரான்ஸ் (Franz) ஆகியோர் 'எல்லா உலோகங்களுக்கும் எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையிலும், வெப்பம் கடத்தும் திறனுக்கும் (thermal conductivity) மின் கடத்தும் திறனுக்கும் (electrical conductivity) உள்ள விகிதம் ஒரு மாறிலி' எனக் கண்டனர். பேராசிரியர்

லாரென்ட்ஸ் இந்த விகிதம் தனிமுதல் வெப்ப நிலைக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளதெனக் காண்பித்தார் (வீட்மன் ஃப்ரான்ஸ் விதி). எலெக்ட்ரான் கொள்கை இந்த விதியினை விளக்குவதற்காகக் கீழ்க் கண்டவாறு பயன்படுத்தப் பட்டது.



பேராசிரியர் லாரென்ட்ஸ்

AB எனும் ஓர் உலோகக் கம்பியை எடுத்துக் கொள்வோம். இதில் A, Bஐக் காட்டிலும் உயர்ந்த வெப்ப நிலையில் இருக்கட்டும். உலோகத்தினுள்ள எலெக்ட்ரான்களாலேயே A-லிருந்து B-க்கு வெப்பம் கடத்தப்படுகின்றது எனத் தற்புனைவாகக் கொண்டால், Aயிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்கள் B-லிருந்து வருவனவற்றைக் காட்டிலும் உயர்ந்த இயக்க ஆற்றலைப் (Kinetic energy) பெற்றிருக்க வேண்டும். ஒரு மோதலில் ஆற்றல்கள் சமமாக ஆக முயல்வதால் A எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றலை இழக்கும். B எலெக்ட்ரான்கள் ஆற்றலைப் பெறும். இயக்கக் கொள்கைப்படி (Kinetic theory) கம்பியின் ஓர் அலகு பரப்பளவின் வழியாக ஒரு விநாடியில் செல்லும் வெப்பத்தின் அளவு கீழுள்ள சமன்பாட்டினால் கொடுக்கப்படுமெனக் காட்டலாம்.

$$Q = \frac{1}{3} \cdot n l v \cdot \frac{W_1 - W_2}{d}$$

இங்கே, Q என்பது d நீளமுடைய கம்பியின் ஓர் அலகு பரப்பளவு குறுக்குவெட்டின் வழியாக ஒரு விநாடியில் செல்லும் வெப்பத்தின் அளவு; n என்பது ஓர் அலகு பருமனில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, v என்பது ஒவ்வொரு மோதலுக்கும் பிறகு புதிதாகப் புறப்படும்போது எலெக்ட்ரானின் நேர்வேகம்; W_1 என்பது நாம் எடுத்துக் கொண்ட குறுக்கு வெட்டின் சூடான பக்கத்தின் இயக்க ஆற்றலும் W_2 என்பது குளிர்ந்த பக்கத்தின் இயக்க ஆற்றலும் ஆகும்.

ஆற்றலின் சமப் பங்கீட்டு விதித் (Law of equipartition of energy) தத்துவப்படி,

$$W_1 = \frac{1}{2} mv_1^2 = a\, T_1 \text{ மேலும், } W_2 = \frac{1}{2} mv_2^2 = a\, T^2$$

இங்கே v_1, v_2 என்பன முறையே T_1, T_2 வெப்ப நிலைகளில் எலெக்ட்ரானின் நேர்வேகங்கள்.

$$\therefore \quad Q = \frac{1}{3} \cdot n.l.v.a. \ \frac{T_1 - T_2}{d} \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

வெப்பம் கடத்தும் திறன் k ஆனல்,

$$Q = k. \ \frac{T_1 - T_2}{d} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

(1), (2) சமன்பாடுகளை ஒப்பிட,

$$k = \frac{1}{3} . \, n \, l \, v \, a$$

என்பதனைப் பெறுகின்றோம்.

$\sigma = \dfrac{n e^2 l v}{4 a T}$ என்னும் சமன்பாடு மின்கடத்தும் திறனைக் கொடுப்பதால்,

$$\frac{k}{\sigma} = \frac{4}{3}\left(\frac{a}{e}\right)^2 T \text{ எனக் காண்கிறோம்.} \qquad \ldots\ldots \quad (3)$$

இத் தொடர்பிலிருந்து, $\frac{k}{\sigma}$ எனும் விகிதம் உலோகத்தின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கவில்லை என்பதும், தனி முதல் வெப்ப நிலைக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது என்பதும் தெரிகின்றது. இது விட்மன்-ஃப்ரான்ஸ் விதிக்கு இணக்கமாக இருக்கின்றது. a, e ஆகியவற்றின் தெரிந்த மதிப்புகளைப் பதிலிட (substituting), இந்த விகிதத்தை எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும் கணக்கிட்டு விடலாம். அவ்வாறு பார்க்க, 18° சென்டிகிரேடில் அதன் மதிப்பு $6{\cdot}95 \times 10^{10}$. இதன் மதிப்பு வெப்ப நிலைக்கேற்ப வேறுபடுவதைக் காட்டும் கெழு (coefficient) வாயுவின் விரிவுக் கெழுவிற்கு (coefficient of expansion of gas) அ-து., $1/273 = 0{\cdot}0037$ சமமாக இருக்க வேண்டும். ஜேகர் (Jaeger), டீசல்ஹார்ஸ்ட் (Diesselhorst) ஆகியோர் பல தூய உலோகங்களுக்குச் செய்த ஆய்வுகள் $\frac{k}{\sigma T}$-ன் மதிப்பு மாறுமையையும், அதன் வெப்பநிலை எண்ணைப் (Temperature coefficient) பற்றிய வரையில் இக் கொள்கை கூறியவை உண்மையே எனவும் காட்டின.

(3) ஆவது தொடர்பு எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒரே திசைவேகமுடையன என்னும் தற்புனைவைக் கொண்டு வருவிக்கப் பட்டது (derived). ஆனல், லோரென்ட்ஸ் (Lorentz) செய்தது போல் வேகப் பங்கீடு உண்மையில் மாக்ஸ்வல் பங்கீடே என்னும் உண்மையை ஏற்றுக்கொண்டால், $\frac{k}{\sigma}$-க்கான கோவையின் எண்

கெழு (numerical coefficient) மாறுபடுகின்றது. அ–து., $\frac{4}{3}$-க்குப் பதில் $\frac{8}{9}$ ஆகின்றது. இது, கொள்கையும் ஆய்வு முடிவுகளும் ஒத்துள்ளன என நாம் மேலே கண்ட முடிவினைப் பாதிக்கின்றது. எனினும், $\frac{k}{\sigma}$-க்கும் T-க்கும் உள்ள விகிதத் தொடர்பு மாறவில்லை. எனவே, எலெக்ட்ரான் கொள்கை நாம் எடுத்துக் கொண்டு பார்த்த முறைக்கு அரைகுறையான விளக்கமே கொடுக்கின்றது.

பொருள்களின் காந்தப் பண்புகள்

முன்னுரை

1845-ல் ஃபாரடே (Faraday) மிகவும் முக்கியமான ஒன்றினைக் கண்டுபிடித்தார். அதாவது, காந்தத்தன்மை எல்லாப் பொருள்களையும் பாதிக்கும் ஒரு பண்பு என்பதே. அவருடைய செய்முறை ஆராய்ச்சிகளில் காந்தப் பண்புகள் (magnetic properties) அதுவரை எண்ணப்பட்டு வந்ததுபோல் இரும்பு போன்ற ஒருசில தனிமங்களுக்கு (elements) மட்டிலும் உண்டானவையல்ல. ஆனல், எல்லாப் பொருள்களும் அதிகமான அல்லது சற்றுக் குறைந்த காந்தப் பண்புடையன. அவை காந்தப் புலனில் (magnetic field) நடந்து கொள்ளும் வேறுபட்ட தன்மைகட்கேற்ப அவற்றை இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை யாவன: பாரா காந்தப் பண்பு (para-magnetic), டயா காந்தப் பண்பு (diamagnetic). முதல்வகையில் Fe, Ni, Co, Mn, Al, Mg போன்ற பல தனிமங்கள் உள்ளன. அவை ஒரு காந்தத்தினல் ஈர்க்கப்படும், ஒரு காந்தத்தின் முனைகட்கு (poles) இடையே அவற்றுள் ஒன்றினைத் தன்னிச்சையாகத் தொங்கவிட்டால் அது காந்தப்புலத்தின் திசையிலேயே நிற்கும். இரண்டாவது வகையில் Zn, Cd, Hg, Sb, Bi போன்றவை உள்ளன. அவை ஒரு காந்தத்தினல் எதிர்த்துத் தள்ளப்படும் (repelled). அவற்றுள் ஒன்றினை ஒரு காந்தப் புலத்தில் தொங்கவிட்டால் புலத்திற்குச் செங்கோணமான திசையில் நிற்கும்.

காந்தப் பொதுமை (universality of magnetism) பற்றிய ஃபாரடேயின் இக் கண்டுபிடிப்பிற்குப் பின்னர் பாரா காந்தவியலுக்கும் (para magnetism) டயா காந்தவியலுக்கும் (dia-magnetism) மூலக்கூறுகள் ஒட்டக் கொள்கையினை வெப்பர் (Weber) முன்மொழிந்தார். அதன்படி உள்ளார்ந்த மூலக்கூறுகளின் ஓட்டமே இயல் காந்தத்திற்குக் காரணம். இவ்வோட்டம் மூலக்கூறினுக்கு நிரந்தரமான ஒரு காந்தத் திருப்பு திறனைக் (mangnetic moment)

கொடுக்கின்றது. டயா காந்தத்திற்குக் காரணம் புறப்புலம் (external field) ஒன்றினால் தூண்டப்படும் மூலக்கூறுகளின் ஓட்டமே. இது புலத்திற்கு எதிர்த் திசையில் ஒரு காந்தத் திருப்பு திறனைத் (magnetic moment) தோற்றுவிக்கிறது. எனவே, இது எதிர் திருப்பு திறனாகும். இந்தப் புதிரான மூலக்கூறுகளின் ஓட்டம் பற்றிய தெளிவான அறிவு அப்போதில்லாததால் வெப்பர் இப் பிரச்சினையை அளவறி (quantitative) முறையில் ஆராயாமல் இத்துடன் நிறுத்திக்கொள்ள வேண்டியிருந்தது.



பேராசிரியர் லாங்ஜ்வின்

ஐம்பது ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர், அதற்குள் உறுதியான சோதனைகளின் அடிப்படையில் நிலைநாட்டப் பெற்றிருந்த எலெக்ட்ரான் கொள்கையை லாஞ்ஜ்வின் பாரா, டயா காந்தங்களுக்குப் பயன்படுத்தினார். காந்த நிகழ்ச்சி பற்றிய லாஞ்ஜ்வினினுடைய அளவறி ஆராய்வுகளைப் பார்ப்பதற்கு முன்னால் பொருள்களின் காந்தப் பண்புகளைக் காணச் செய்யப் பட்ட சோதனைகளையும் அவற்றால் கிடைத்த முக்கியமான முடிவுகளையும் சுருக்கமாகக் கூறவேண்டியுள்ளது.

செய்முறை ஆராய்வு: செய்முறை ஆராய்ச்சிகள் யாவும் காந்த ஏற்புத்திறன் (Magnetic susceptibitity) எனப்படும் அளவை அளப்பதிலேயே சிறப்பாக ஈடுபடுத்தப்பட்டிருந்தன. இந்த அளவு K என்னும் இடுகுறியால் குறிக்கப்படும். இது ஒரு பொருளின் காந்த ஆக்கச் செறிவு (Intensity of magnetisation) I-க்கும் காந்தமாக்கும் புலத்தின் வலுவிற்கும் (H) உள்ள விகிதமே என வரையறுக்கப்படுகின்றது. எனவே, ஒரு பொருளின் காந்தப் பண்பின் அளவே K ஆகும். மேற்கூறிய காரணங்களால் டயா காந்தப் பொருள்கள் எதிர்க்குறி ஏற்புத்திறனை (negative suscaptibitity) பெற்றிருக்கின்றன என்பதும் பாரா காந்தப் பொருள்கள் நேர்க்குறி ஏற்புத்திறன் (positive susceptibility) பெற்றுள்ளன என்பதும் தெரிகிறது. K, பரும காந்த ஏற்புத்திறன் (volume susceptibility) எனவும் அழைக்கப்படும். ஏனெனில், பொருளின் முழு பருமனையும் இது குறிக்கின்றது. பொருண்மை காந்த ஏற்புத்

திறன் (mass susceptibility) அல்லது காந்த ஏற்புத் திறன் எண் (specific susceptibility) எனப்படும் மற்ருேர் அளவு. காந்தத்தின் தற்சிறப்புப் பண்பினை விளக்குவதில் அதனினும் அடிப்படையான ஒரு மாறிலி. இது வழக்கமாக X எனக் குறிக்கப்படும். இது $\frac{K}{\rho}$-க்குச் சமம். இங்கே ρ என்பது பொருளின் அடர்த்தி. காந்தத் திருப்பு திறன் ஓர் அலகு பருமனுக்கு, KH-க்குச் சமம் அல்லது ஓர் அலகு பொருண்மைக்கு, XH-க்குச் சமம். பொருள்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் மாறுபடும் காந்தப் புலன்களிலும் வெப்பநிலைகளிலும் அளக்கப் பெறுகின்றன. அதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் பலமுறைகளையும் கீழ்க்கண்டவாறு மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம் :

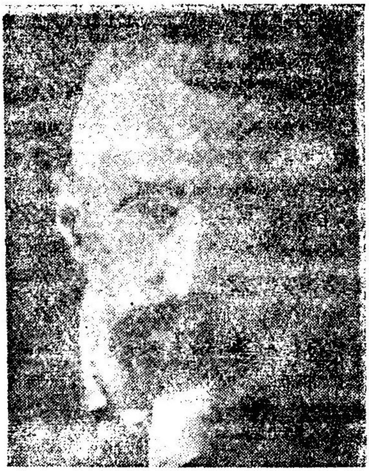
(1) ஃபாரடே முறை : சமபடித்தாயில்லாத (non-homogeneous) ஏற்ற ஒரு காந்தப் புலத்தில் பொருளை வைத்து அதன்மீது தொழிற்படும் விசையினை அளப்பதே இம் முறை. பொதுவான வடிவத்தில் கொடுத்தால், இவ் விசை,

$$F_x = K.v.H_y \frac{dH_y}{dx} = X\,m.\,H_y.\frac{dH_y}{dx}$$

இங்கே, F_x என்பது பொருளின் மீது X-திசையில் தொழிற்படும் விசை (force) ; v என்பது பொருளின் பருமன் (அதன் மீதுள்ள புலம் ஒரே சீராக இருப்பதற்கேற்ற அளவு அதன் பருமன் சிறிதாக இருப்பதாகக் கொள்ளப்படுகின்றது); m என்பது பொருளின் பொருண்மை ; H_y என்பது Y-திசையில் புலத்தின் செறிவு ; $\frac{dH_y}{dx}$ என்பது X-திசையில் புலத்தின் சரிவு வீதம். ஒரு மின்காந்தத்தின் துருவங்களை (pole pieces) சாய்ப்பதன் வாயிலாக, சமச்சீருடைய (symmetric) ஓர் அச்சினைப் பெற்ற சமபடித்தாயில்லாத காந்தப்புலம் பெறப்படுகின்றது. பொருளை முறுக்கு விசை விட்டம் (torsion beam) ஒன்றினது ஒரு முனையிலிருந்து தொங்கவிட்டு விட்டத்தின் இடப்பெயர்ச்சியைக் குறிப்பதனுல் பொருளின் மீதுள்ள விசை அளக்கப்படுகின்றது. இந்த இடப்பெயர்ச்சி சிறிதாக இருக்குமானுல், பொருளைப் பழைய நிலைக்குக் கொண்டு வருவதற்கு முறுக்கு விசைத்தலையைத் (torsion head) திருப்ப வேண்டிய கோணத்தை அளந்து விசை கணிக்கப்படுகின்றது. F_x-க்கான கோவையில் உள்ளிட்ட தற்புனைவுகளைச் சோதனையில் முழுவதும் செயல்படுத்த முடியாமையாலும் பொருள் வைக்கப்பட்ட இடத்தில்தான் புலத்தின் செறிவு கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. அல்லது புலமும் அதன் சரிவு வீதமும் ஒரே

இடத்தில்தான் அளக்கப்பட்டன என நிச்சயமாகச் சொல்வது மிகவும் கடினமானதாலும் இம்முறையைக் கொண்டு K-ன் தனி மதிப்பைத் திருத்தமாகக் கண்டுபிடிக்க முடியாதென்பது தெளிவு. ஆனல், புலத்தின் செறிவு மாருமல் பார்த்துக் கொள்வதிலும் அந்த அளவு புலத்தைத் திரும்பத் தோற்றுவித்தலிலும், பொருள்களை அதே இடத்தில் வைப்பதிலும் தொல்லைகள் இருந்தாலும் இம்முறை பொருள்களை ஒப்பிடுவதற்கு மிகவும் வசதியானதாகும்.

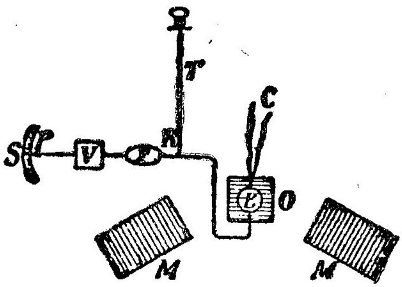
கியூரியின் காந்தத் தராசு (Curie magnetic balance) : பியரி கியூரி (Pierre curie) 1895-ல் ஃபாரடேயின் முறையைக் கையாண்டு தொடர்ச்சியாக ஆராய்ச்சிகள் செய்தார். அவை முந்திய துண்டு துணுக்கான முடிவுகளைச் சேர்த்து ஒரு தரப்படுத்துவதில் வெற்றி கண்டன. அத்துடன் மட்டுமல்லாமல், புதுமையான கொள்கைகளுக்கு நிச்சயமான சோதனை அடிப்படையினை உருவாக்கின. கியூரி காந்தத் தராசு எனப்படும் அவர் பயன்படுத்திய அமைப்பு விளக்கப்படம் 21 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆய்விற்குட்பட்டிருக்கும் பொருள் ஒரு கண்ணுடி அல்லது பீங்கான் (porcelain) குமிழ் Bயினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளது.



பேராசிரியர் பியரி கியூரி

இக் குமிழ் மின்சாரத்தால் சூடாக்கப்படும் ஒரு சூட்டடுப்பு O-வினுல் சூழப்பட்டுள்ளது. அதன் வெப்பநிலை வெப்ப இரட்டை (thermocouple) C ஆல் அளக்கப்படுகின்றது. குமிழ் (B), இருமுறை நேர்கோணங்களில் வளைக்கப்பட்ட ஒரு தாமிரக் கம்பியினுல் (copper rod) தனி வகையான ஒரு முறுக்கு விசைத் தராசின் (torsion balance) ஒரு பக்கத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இத் தராசு நேர்த்தியான முறுக்கு விசைக்கம்பி (torsion wire) ஒன்றினுல் தொங்க விடப்பட்ட இலேசான விட்டம் (light beam) R ஐ உடையது. இவ்விட்டத்தின் மறுபுறத்தில் ஒரு தராசுத் தட்டு (scale pan) F உள்ளது. இத் தட்டில் எடைகளை வைத்துத் தராசினைச் சமநிலைப் படுத்தலாம். V விட்டத்திற்குத் தொல்லை கொடுக்கும் அலைவுகளைக் குறைவுறச் செய்ய ஓர் இலேசான

விசிறித் தகடு V (vane) உள்ளது. இடப்பெயர்ச்சியை அளப்பதற்கு அளவுகோலின் (S) மீது நகரும் ஒரு குறிமுள் (pointer) P உள்ளது. பொருளின்மீது தொழிற்படும் ஒருபடித்தாயில்லாத காந்தப் புலம் இலேசாகச் சாய்த்து வைக்கப்பட்ட முனைகளை உடைய ஒரு மின் காந்தத்தால் (MM) உண்டாக்கப்படுகின்றது. P ன் இடப்பெயர்ச்சி 0·001 மி.மீ.-க்குத் திருத்தமாக அளக்கக் கூடிய ஒரு சிறந்த நுண்ணோக்கியினால் (Microscope) குறிக்கப்படுகின்றது. முறுக்கு விசைக் கம்பியின் (torsion wire)



படம் 21 கியூரியின் காந்தத்தராசு

மீள் திறன் எண்ணைக் (elastic constant) கொண்டு புலத்தினால் பொருளின்மீது தொழிற்படும் விசையைக் கண்டு கொள்ளலாம். காந்தப்புலம் H_y ஒரு காந்தப்பாய அளவி (fluxmeter) கொண்டு அளக்கப்படுகின்றது. $\frac{dH_y}{dx}$ ஐ அதற்குச் சமனான $\frac{dH_x}{dy}$ -லிருந்து மதிப்பிடலாம். பொருள் உள்ளே வைக்கப்பட்டுள்ள குமிழ் $H_y\left(\frac{dH_y}{dx}\right)$-ன் மதிப்பு பெருமமாக இருக்கும் இடத்தில் வைக்கப்படுகின்றது. அதனால் அதன் நிலையைச் சரிப்படுத்துவதில் உண்டாகும் சிறு பிழைகளைப் பொருட்படுத்த வேண்டுவதில்லை. குமிழைத் திட்டவட்டமாக அதே இடத்தில் வைத்தல், மூட்டுப்பின் வெப்ப நிலையைச் சீராகவே வைத்திருத்தல் போன்ற நடைமுறைத் தொல்லைகள் இருந்தாலும் இம் முறையால் கிடைத்த முடிவுகள் நூற்றுக்கு 1-லிருந்து 3 விழுக்காடு வரை திருத்தமான முடிவுகள் கிடைக்கின்றன. இம் முறையைக் கொண்டு பொருள்களைத் திட, திரவ, வாயு நிலை ஆகிய மூன்று நிலைகளிலும், 25°-லிருந்து 1350° செ. வரையுள்ள வெப்பநிலைகளில் ஆராய முடிகின்றது. கருவி வேலை செய்வதைச் சரிபார்ப்பதற்கு நீர் அளவுகோலாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

எந்தப் பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறனை அளப்பதற்கும் முதலில் குமிழை வெற்றிடமாக்கியும் அடுத்துக் காற்றினால் நிரப்பியும் இறுதியாகப் பொருளை அதனுள் வைத்தும் குமிழின்மீது தொழிற்படும் விசைகள் முறையே f_1, f_2, f_3 அளக்கப்படுகின்றன. குமிழின் உள்பருமன் v_1 ஆகவும், வெளிப்பருமன் v_2 ஆகவும்

K_1, K_2, K_3 என்பவை முறையே குமிழ் செய்யப்படும் பொருள், காற்று ,ஆய்பொருள் ஆகியவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன்களாகவும் (susceptibilities) இருந்தால்,

$$f_1 = \left\{(v_1 - v_2) K_1 - v_1 K_2\right\} . H_Y . \frac{dH_Y}{dx}$$

$$f_2 = \left\{(v_1 - v_2) K_1 - v_1 K_2 + v_2 K_2\right\} . H_Y . \frac{dH_Y}{dx}$$

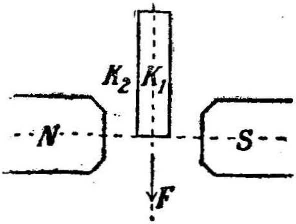
$$f_3 = \left\{(v_1 - v_2) K_1 - v_1 K_2 + v_2 K_3\right\} . H_Y . \frac{dH_Y}{dx}$$

இத் தொடர்புகளில் v_1, v_2, f_1, f_2, f_3, $H_Y \frac{dH^Y}{dx}$ ஆகியவை தெரிந்த அளவுகள். எனவே K_1, K_2, K_3 ஆகியவற்றை மதிப்பிட்டு விடலாம்.

2. காய் முறை (Gouy method) : ஒழுங்கான உருளை வடிவில் உள்ள பொருளை அதன் ஒருமுனை சமபடித்தான ஒரு காந்தப் புலத்திலும் மறுமுனை புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு செறிவுடைய புலத்திலும் இருக்குமாறு தொங்கவிட்டு அதன்மீது தொழிற்படும் எந்திர விசையை (mechanical force) அளப்பதே இம்முறையாகும் (படம் 22). புலத்தின் திசைக்கு நேர் கோணத்தி லுள்ள அச்சின் வழியாக உருளைமீது தொழிற்படும் விசை Fஐ

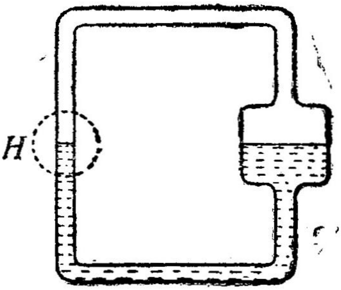
$$F = \tfrac{1}{2}(K_1 - K_2) AH^2$$

என்பது கொடுக்கிறது. இங்கே, K_1, K_2 என்பன முறையே ஆய்பொருள், இடைநிலைப் பொருள் ஆகியவற்றின் காந்த ஏற்புத் திறன்கள். A என்பது உருளையின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, H என்பது காந்தப் புலத்தின் வலு. H ஐக் கண்டுபிடிப்பது மற்றவற்றினும் எளியது. ஏனெனில், காந்தப் புலம் குறிப்பிடத் தக்க அளவு பெரிய இடத்தில் சீராக இருக்கின்றது. உருளையின் மீது தொழிற்படும் விசையைச் சிறந்த நுட்பம் வாய்ந்த தராசைக் கொண்டு நேரடியாகவோ உருளையினை ஒரு முறுக்கு விசைக் கரத்தில் (torsion arm) கிடையாக வைத்தோ அளக்கலாம். இந்த முறை திட, திரவ, வாயுப் பொருள்களுக்கும் உகந்தது. முன்னதைக் காட்டிலும் சற்று வசதிக் குறைவானதாக இருந்தாலும், தனி அளவீடுகள் (absolute measurements) செய்வதற்குப் பயன்படுகின்றன.



படம் 22. காய்முறை
(Gouy method)

காய் முறையின் (Gouy method) தத்துவத்தைத் திரவங்களின் காந்த ஏற்புத் திறன்களை அளக்க கியுங்கே (Quincke) பயன் படுத்தினர். அவர் முறை திரவங்களுக்கான கியுங்கினுடைட நுண் துளைக் குழாயில் ஏற்றம் முறை (Quincke's capillary ascension method for liquids) எனப்படும். ஒரு பக்கம் அகன்றும் மற்றப் பக்கம் நுண்துளையாகவும் உள்ள ஒரு U வடிவக் குழாய் கையாளப் படுகின்றது (படம் 23). குறுகிய பக்க உறுப்பு (narrow limb) ஒரு மின்காந்தத்தின் முளைத்துண்டு களுக்கும் இடையேயும், அகன்ற பக்க உறுப்பு புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு செறிவுடைய மின்புலத் திலும் வைக்கப்படுகின்றன. ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் திரவம் 'U' வடிவக் குழாயில் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. நுண் குழாய்ப் பகுதியில் திரவத்தின் மேற்பரப்புப் பிறை (meniscus) காந்தப்புலம் ஒரே சீராக உள்ள இடத்தில் இருக்குமாறு வைக்கப் படுகின்றது. புலத்தின் ஆட்சியில் இந்த மேற்பரப்புப் பிறை h தூரம் மேலே எழவோ கீழே இறங்கவோ செய்கின்றது. அழுத்தத்தின் மாறுதல் அல்லது ஓர் அலகு பரப்பளவில் தொழிற் படும் விசை P யினுல் இது ஏற்படுகின்றது. h-ன் மதிப்பினை



படம் 23. கியுங்கின் கருவி

$$g\,h\,\rho = P = \frac{F}{A} = \tfrac{1}{2}(K - K_0)\,H^2$$

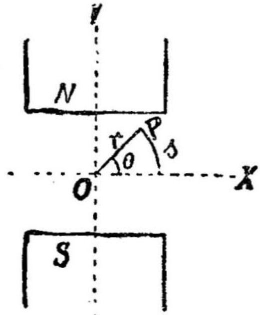
என்னும் தொடர்பு கொடுக்கின்றது. இங்கே, K என்பது திரவத் தின் காந்த ஏற்புத்திறனையும், K_0 திரவத்திற்கு மேலேயுள்ள காற்றின் காந்த ஏற்புத்திறனையும், ρ திரவத்தின் அடர்த்தியையும் குறிக்கின்றன.

பரப்பு இழுவிசை (surface tension) ஆய்வுகளில் செய்வது போல இங்கும் ஒட்டிக்கொள்வதனைத் தவிர்ப்பதற்கான முன் எச்சரிக்கை நடவடிக்கைகளை மேற்கொள்ள வேண்டும். அழுத்த மாற்றம் Pஐ மட்ட அளவி (cathetometer) ஒன்றினைக் கொண்டு hஐ அளந்தோ நுண் குழாயில் திரவத்தின் மேற்பரப்புப் பிறையை ஒரே இடத்தில் நிலைநிறுத்துவதற்காக அகன்ற பகுதியில் ஊற்றப் படும் அல்லது எடுக்கப்படும் திரவத்தின் கன அளவிலிருந்தோ கண்டுபிடிக்கலாம். இம்முறையினது தனி நன்மைகளாவன: (i) திரவத்தில் இருக்கும் தூசுத்துகள்கள்—உயர்ந்த காந்த ஏற்புத் திறனுடையவையாக இருந்தாலும்—முடிவுகளைப் பாதிப்பதில்லை.

(ii) திரவத்தை எடுத்துக் கொள்ளும் பாத்திரத்தின் காந்தப் பண்புகளை அறியத் தேவையில்லாததால் அவற்றைக் கண்டு பிடிக்கச் சோதனை ஏதும் செய்ய வேண்டுவதில்லை.

பாவர் (Bauer), பிக்கார்ட் (Piccard) (1920) ஆகியோரும், வில்ஸ் (Wills), ஹெக்டர் (Hector) (1924) ஆகியோரும் விரிவு படுத்தப்பட்ட கியுங்கேயின் கருவியை வாயுக்களின் காந்த ஏற்புத் திறனை அளக்கப் பயன்படுத்தினார்கள். ஆனால், சோனே (Sone) (1920) காயினுடைய (Gouy) மூல முறையில் சில முன்னேற்றங்கள் செய்து வாயுக்களின் காந்த ஏற்புத் திறனை அளக்கப் பயன் படுத்தினார். அவருடைய சோதனை அமைப்பில் உருளை வடிவான கண்ணாடிக் குழாய் உள்ளது. இது ஒரு கண்ணாடித் தடுப்பினால் இரண்டு அறைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின்காந்தத்தின் முனைத் துண்டுகளுக்கு நடுவில் இத் தடுப்பு இருக்குமாறு குழாய் செங்குத்தாகத் தொங்கவிடப்படுகின்றது. குழாயின் கீழ்ப்பகுதி வெற்றிடமாக்கப்பட்டும், மேற்பகுதி உயர்ந்த அழுத்தத்திலுள்ள வாயுவினால் நிரப்பப்பட்டும் உள்ளது. குழாய் ஒரு தனி உணர்திறம் மிக்க தராசுடன் ஈரிழைத் தொங்கமாக (bifilar suspension) இணைக்கப்பட்டுள்ளதால் அதன் மீது தொழிற்படும் விசை திருத்தமாக அளக்கப்பட்டு வாயுவின் காந்த ஏற்புத்திறன் மதிப்பிடப்படுகின்றது.

(3) ரௌலண்ட் முறை (Rowland method): திடப்பொருள்களுக்குச் சிறப்பாகப் பயன்படும் இம்முறை வேறொரு கவர்ச்சியான தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டது. அ-து., காந்தப் புலத்தில் கட்டின்றி (freely) அலைவுறும் ஆய்பொருளின் அலைவு நேரத்தை அளத்தல். ஒரு காந்தத்தின் முனைகளுக்கிடையே காந்தப் பொருளினைத் தொங்க விட்டால் அது ஒரு சமநிலைக்கு வர முயலும். நீண்டுள்ள பொருளை எடுத்துக் கொண்டால் அது டயா காந்தப் பொருளானால் OY வழியாக (அ-து.,) காந்தப் புலத்திற்கு இணையாக நிற்கும். பாரா காந்தப் பொருளானால் காந்தப் புலத்திற்கு நேர்கோணத்தில் OX வழியாக நிற்கும் (படம் 24). இச் சமநிலையிலிருந்து இடம் பெயரச்செய்தால் ஆய்பொருள் அலைவுறும். வீச்சு (amplitude) சிறிதாக இருக்கும்போது, அலைவுகள் எளிய சீரிசை இயக்கமாக (simple harmonic motion) இருக்குமெனவும், அலைவு நேரம் பொருளின் உருவத்தைப் பொறுத்திருக்காது எனவும், அதன் காந்த ஏற்புத்



படம் 24. ரௌலண்ட் முறை

திறனையும் காந்தப் புலத்தையும் மட்டிலுமே சார்ந்திருக்கும் எனவும் காட்டலாம்.

காந்த முனைகட்கிடையேயுள்ள புலத்தின் மையப்புள்ளி Oவில் புலத்தின் செறிவு H_0 எனக்கொள். புலம் OX-க்கும், OY-க்கும் சமச்சீருடையதாக இருந்தால், ஆதியாக (origin) எடுத்துக் கொள்ளப்படும் O-விருந்து மிகவும் தொலைவிலில்லாத, ஆயத்தொலைகளை (coordinates) (x, y) உடைய எந்த ஒரு புள்ளியிலும் (P) உள்ள புலத்தின் செறிவினைக் கீழுள்ள தொடர்பால் குறிக்கலாம்.

$$H^2 = H_0^2 - ax^2 + by^2 \qquad \ldots (1)$$

இங்கே a-ம் b-ம் OX, OY திசைகளில் புலத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்களைப் பொறுத்திருக்கின்ற இரு காரணிகள் (factors). OX வழியிலிருக்கின்ற எந்த ஒரு புள்ளியிலும் செறிவு O-ல் உள்ளதைக் காட்டிலும் குறைவாக இருக்கும்; ஆனால், OY வழியில் உள்ள புள்ளியில் செறிவு O-ல் உள்ளதைவிட அதிகமாக இருக்கும்.

டயா காந்தப் பொருள் ஒன்று முனைகளுக்கிடையே வைக்கப்படும்போது அது OX திசையில் நிற்கும். அதனை அதன் சமநிலையிலிருந்து இலேசாக இடம் பெயர்ந்து அலைவுறச் செய். எந்த ஓர் இடைநிலையிலும் அதன் இடப்பெயர்ச்சி θ எனக்கொள். O-விருந்து r தூரத்திலிருக்கும் P-யில் உள்ள பொருளின் dv பருமனுடைய கூறினை எடுத்துக் கொண்டு பார்த்தால், அதன் மீது தொழிற்படும் மீட்பு விசை—இது s வழியாகத் தொழிற்படும்—கீழுள்ள தொடர்பால் கிடைக்கின்றது.

$$F_s = \tfrac{1}{2}K.\ dv.\ \frac{(dH^2)}{ds} \qquad \ldots (2)$$

$ds = r.\ d\theta$ ஆனதால்,

$$F_s = \tfrac{1}{2}\ K.\ \frac{dv}{r}.\ \frac{d\,(H^2)}{d\theta} \qquad \ldots (3)$$

தொடர்பு (1) ஐ எடுத்துக் கொண்டு x-க்கும் y-க்கும் r, θ ஆகியவற்றைக் கொண்டு பதிலிட்டால்,

$$H^2 = H_0^2 - ar^2 \cos^2 \theta + br^2 \sin^2\theta$$

$$\therefore (dH^2) = d\left\{H_0^2 - ar^2 \cos^2 \theta + br^2 \sin^2\theta\right\}$$

$$= 0 + 2ar^2 \cos\theta \sin \theta\ d\theta + 2br^2 \sin \theta \cos \theta\ d\theta$$

θ சிறிதாகையால்,

$$d\ (H^2) = 2ar^2.\ \theta.\ d\theta + 2\ br^2.\theta.\ d\theta$$

$$\therefore \quad \frac{d(H^2)}{d\theta} = 2r^2\ (a + b)\ \theta$$

இதனை (3) ஆவது தொடர்பில் பதிலிட்டு, $\theta = \frac{s}{r}$ எனப் போட,

$$Fs = \tfrac{1}{2} K. \frac{dv}{r}. 2r^2 (a + b) \frac{s}{r}$$
$$= K. dv (a + b)s$$

கூறின் பொருண்மை dm ஆனுல், வேக வளர்ச்சி (acceleration).

$$\frac{Fs}{dm} = K. \frac{dv}{dm} (a + b)s$$
$$= \frac{K}{\rho}(a + b)s$$
$$= X (a + b)s.$$

நாம் எடுத்துக் கொண்ட புள்ளியில் முடுக்கம் சமநிலையிலிருந்து இடம் பெயரும் s தூரத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கிறது. எனவே, இவை எளிய ஒத்திசை இயக்க அலைவுகள் ஆகும். மேலும், இது rஐச் சார்ந்திருக்கவில்லை. அதனுல் பொருள் எந்த வடிவத்திலும் இருக்கலாம்.

அலைவு நேரம் (period of oscillation) T ஆனுல்,

$$T = 2\pi / \sqrt{X(a + b)}$$

பொருள் டயா காந்தமானதால்,

$$X = -\frac{4\pi^2}{T^2(a+b)}$$

இவ்வாறே, பாரா காந்தப் பொருளுக்கும் OY-லிருந்து θஐ அளக்கிறோம் என்பதனை நினைவில் கொண்டு பார்த்தால்,

$$X = + \frac{4\pi^2}{T^2(a+b)}$$

எனவே, அலைவுநேரம் T, புலம் OX, OY திசைகளில் மாறுவதன் காரணிகளான a,b ஆகியவற்றை அளந்துவிட்டால், Xஐக் கண்டுபிடித்துவிடலாம்.

ரௌலண்ட் பிஸ்மத் (bismuth), கந்தகம் (sulpher) ஆகியவற்றின் காந்த ஏற்புத் திறன்களைக் கண்டுபிடிக்க இம்முறையைக் கையாண்டார்.

காந்தப் புலத்தை மிகுந்த கவனத்துடன் ஆராய வேண்டும். மிகவுயர்ந்த திருத்தமுடைய முடிவுகளைப் பெற வேண்டுமானுல்,

விரிவான திருத்தங்கள் பலவற்றைச் செய்யவேண்டும் என்பது தெளிவு. எனவே, இம்முறைக்கு ஆதரவு அதிகமில்லை.

முடிவுகள் : மேற்கண்ட முறைகளைப் பயன்படுத்திப் பெற்ற முக்கியமான முடிவுகளைக் கீழ்கண்டவாறு தொகுத்துக் கூறலாம் :

(1) டயா காந்தம் (Diamagnetism) : பொதுவாக, தனிமங்களிலும் மூலக்கூறுகளிலும் குறுக்குக் காந்தம் பெரிதும் பரவியுள்ளது. அணுநிலையில் (atomic state) இயல் காந்தங்களாக உள்ள செம்பு, வெள்ளி போன்ற தனிமங்கள் திடப்பொருளாகப் பார்க்கும்போது குறுக்குக் காந்தங்களாக உள்ளன. இரும்பு, நிக்கல் போன்ற அயக் காந்தத் தனிமங்கள் (Ferromagnetic elements) டயா காந்தப் பண்புடைய சிக்கலான உப்புகளை உருவாக்குகின்றன. குறுக்குக் காந்தம் மிகவும் மெலிந்த விளைவே. குறுக்குக் காந்தங்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் மதிப்புகள் 10^{-6} என்னும் அளவிலேயே உள்ளன. பிஸ்மத் மட்டிலும் இதற்கு விதிவிலக்கு. இதன் மதிப்பு மிக உயர்வாக இருக்கும்.

குறிப்பிட்ட சோதனை முடிவுகளைப் பார்க்கும்போது முதலில் பொருள்களை அரை சுதந்திர அயனி நிலை (quasi-independent onic state), அரை சுதந்திர அணுநிலை (quasi-independent atomic state) ஆகியவற்றிலும், பின்னர் அவற்றினும் சிக்கலான மூலக்கூறு, படிக நிலைகளிலும் இறுதியாகத் திரண்ட திடப்பொருள் நிலையிலும் பார்ப்பது மிகவும் வசதியானது.

அயன, அணு நிலைகள் (Ionic and atomic states) : திட்டவட்டமான அயன நிலைகளில் உள்ள பொருள்களைப் பொறுத்த மட்டில் காரப் பொருள்கள் (alkalies), நிலக்கார ஹாலைடுகள் (alkali earth halids—NaCl, MgCl போன்றவை) ஆகியவற்றின் காந்த ஏற்புத் திறன்களை அவற்றின் கரைசல்களையும், திடப்பொருளான உப்புகளையும் கொண்டு ஜூஸ் (Joos), ஐகன்மேயர் (Ikenmeyer) ஆகியோர் அளவிட்டனர். பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் அதனுடைய கூறுகளாகிய இரு அயனிகளின் காந்த ஏற்புத் திறன்களின் கூட்டுத் தொகை எனக் கண்டறியப்பட்டது. காட்டாக, NaCl-ன் கிராம்-மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத் திறன் (gramme-molecular susceptibility)—$30{\cdot}8 \times 10^{-6}$ எனவும் Na^{+}, Cl^{-} ஆகியவற்றின் கிராம்-அயன காந்த ஏற்புத் திறன்கள் (gramme ionic susceptibilities) முறையே—$10{\cdot}4 \times 10^{6}$, —$20{\cdot}4 \times 10^{-6}$ ஆகவும் உள்ளன. சுதந்திர அணு நிலையில் உள்ள பொருள்களைப் பொறுத்தமட்டில், He, Ne, A போன்ற ஓரணு மந்த வாயுக்கள் (monatomic inert gases) வில்ஸ் (Wills),

ஹெக்டர் (Hector) ஆகியோரால் ஆராயப்பட்டன. இதனுல் இவர்கள் ஜூஸ் (Joos) தெரிவித்த ஒரு முக்கியமான கருத்து சரியெனக் கண்டார்கள். ஜூஸின் கருத்தாவது ஒரு மந்த வாயுவின் காந்த ஏற்புத்திறன் அதற்கு அண்மையிலுள்ள நேர், எதிர் மின்னேற்றம் பெற்ற அயனிகளின் திறன்களுக்கு இடையில் இருக்கும். காட்டாக, KCl கரைசல் K^+ அயனிகளையும் Cl^- அயனிகளையும் பெற்றிருக்கும். அவை ஒவ்வொன்றும் 18 எலெக்ட்ரான்களை உடையன. தனிமங்களின் அட்டவணையில் (periodic table) Cl-க்கும் K-க்கும் இடையில் உள்ள மந்த வாயு ஆர்கானின் அணுவில் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமம். இப்போது அளக்கப்பட்ட காந்த ஏற்புத்திறன்கள்:

K-க்கு — $16{\cdot}9 \times 10^{-6}$, A-க்கு — $18{\cdot}0 \times 10^{-6}$, Cl-க்கு —$20{\cdot}4 \times 10^{-6}$. ஒரே எலெக்ட்ரான் அமைப்புடைய பொருள்களில், கருவின் மின்னேற்றம் அதிகமாக ஆக காந்த ஏற்புத்திறன் குறைகிறது என்பதனை இங்குக் கவனிக்கலாம். தூய அயன, அணு நிலைகளில் உள்ள பொருள்களுக்கு காந்த ஏற்புத்திறன் கிட்டத்தட்ட ஒரு மாறிலியே; இது காந்தமாக்கும் புலத்தையோ வெப்ப நிலையையோ சார்ந்ததன்று என்ற முக்கியமான முடிவு இதிலிருந்து கிடைக்கின்றது.

மூலக்கூறு நிலை: மூலக்கூறு நிலையில் உள்ள பொருள்களுக்கு கரிமத் திரவங்களைக் கொண்டு பாஸ்கல் (Pascal) நடத்திய ஆராய்வுகளும், வாயுக்களைக் கொண்டு ஸோனே (Sone), வில்ஸ் (Wills), ஹெக்டர் (Hector), வைத்தியநாதன் (Vaidhyanathan) ஆகியோர் நடத்திய ஆய்வுகளும், கீழ்கண்ட முடிவினைச் சுட்டிக் காட்டின. அ-து., ஒரு மூலக்கூறின் காந்த ஏற்புத்திறன் ஒவ்வொரு அணுக்கருவுடனும் (nucleus) தொடர்பு கொண்ட எலெக்ட்ரான் பாதைகளினுல் ஏற்படும் விளைவுகளின் கூட்டுத் தொகை எனவோ மூலக்கூறினை உருவாக்கும் அணுக்களின் காந்த ஏற்புத்திறன்களின்—(இவ் வணுக்கள் மூலக்கூறில் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும் முறைக்கேற்ப ஏற்புத்திறன்களில் மாறுதல் செய்ய வேண்டும்)—கூட்டுத் தொகை எனவோ கருதலாம் $\chi_M = \Sigma\chi_A + \lambda$. இங்கே, χ_M என்பது மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத்திறன் (molecular susceptibility), $\Sigma\chi_A$ என்பது அணு காந்த ஏற்புத் திறன்களின் (atomic susceptibilities) கூட்டுத் தொகை, λ என்பது அணுக்களின் ரசாயனப் பிணைப்பின் தன்மையினைப் பொறுத்திருக்கும் திருத்தக் காரணி (correction factor). டயா காந்த ஏற்புத்திறனின் அளவீடுகள் மூலக்கூறுகளின் கட்டமைப்பையும் ரசாயனப் பிணைப்புகளின் (chemical bonds) தன்மை

யையும் பற்றிய பயன்மிகு துணை விளக்கங்களைக் கொடுக்கின்றன. வாயுக்களின் கன-காந்த ஏற்புத் திறன் அழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கவும் மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத் திறன் மாறு திருக்கவும் காணப்படுகின்றது.

ரௌலண்ட் (Rowland), ஜேகஸ் (Jacques), நஸ்பாம் (Nusbaum), மாக்லென்னன் (McLennan), கோஹன் (Cohen) போன்ற பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் குறுக்குக் காந்தப் படிகங்களின் காந்த ஏற்புத் திறன்களைக் கண்டு பிடித்தனர். அவை ஒரு படிகத்தின் வெவ்வேறு அச்சிற்கு வெவ்வேறாக இருக்கக் கண்டனர். பிஸ்மத்தின் காந்த ஏற்புத் திறம் χ, அதன் முதன்மை அச்சிற்கு இணையான திசையில் $-1 \cdot 13 \times 10^{-6}$ ஆகவும் அதற்குச் செங்குத்தான திசையில் $-1 \cdot 32 \times 10^{-6}$ ஆகவும் உள்ளது. இவற்றிற்கு இசைந்த Sb-ன் மதிப்புகள் முறையே $-0 \cdot 497 \times 10^{-6}$-ம் $-1 \cdot 33 \times 10^{-6}$-ம் ஆகும்.

இடப்பொருள் நிலை : ஹோண்டா (Honda), ஓவென் (Owen) ஆகியோரால் மிகுந்த கவனத்துடன் ஆராயப்பெற்ற இடப்பொருளான தனிமங்களின் குறுக்குக் காந்த ஏற்புத் திறன்கள் மிகவும் சிக்கலான தற்சிறப்புப் பண்புகளைக் கொண்டிருந்தன. அவை அயனிகளிலும் அணுக்களிலும் உள்ளதுபோல் எந்த எளிய விதிக்கும் உட்பட்டிருக்கவில்லை. ஆய்வுகளிலிருந்து கண்ட முக்கியமான முடிவுகளாவன : (i) பல குறுக்குக் காந்தத் தனிமங்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் காந்தமாக்கும் புலத்தைச் சாராதிருந்தாலும் அது வெப்பநிலைக்கேற்ப குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறுகின்றது. இதற்குச் சிறந்த எடுத்துக்காட்டு Bi ஆகும். இதனுடைய உயர்ந்த காந்த ஏற்புத்திறன் ($X = -293 \times 10^{-6}$) புலத்தின் செறிவிற்கேற்ப [1600-லிருந்து 10,000 ஆர்ஸ்டெடுகளுக்குள் (oersted)] மாறுவதில்லை. ஆனால், இது வெப்ப நிலையுடன் ஒரு படித்தாகக் குறைகிறது. இது அதன் உருகுநிலை (273°C) வரை நிகழ்கிறது. உருகு நிலையில் காந்த ஏற்புத்திறன் திடீரென ஏறக்குறைய -8×10^{-6}-க்குக் குறைகிறது ; அதற்குப் பிறகு மாறாமல் நிலையாகவிருக்கிறது. (ii) குறுக்குக் காந்தத் தனிமங்களின் குடும்பத்தில் அணு-காந்த ஏற்புத் திறன் அணுவெண்ணுடன் அதிகரிக்கின்றது. (iii) காந்த ஏற்புத் திறனுக்கும் அணுவெண்ணுக்குமிடையேயுள்ள விகிதத்திற்கும் $\left(\frac{X}{Z}\right)$ அணுவெண்ணிற்கும் (Z) இடையே ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் அது நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட காலாந்திர மாறுதல்களைக் காட்டுகிறது. ஆனால், இயல், அயக் காந்தத் தனிமங்களுக்கு இயைந்த இடைவெளிகள்

அவற்றிலிருக்கும் என்பது உண்மையே. இவ் விடைவெளிகள் குறுக்குக் காந்தத் தனிமங்களை விட்டுவிட்டுள்ள பல தொகுதிகளாகப் பிரிக்கின்றன. ஆனால், தனிமங்களின் அட்டவணையில் ஒரே பத்தியிலுள்ள தனிமங்களுக்கு இடையேயுள்ள நெருங்கிய தொடர்பினை இந்த வரைபடம் தெளிவாக வெளிக்கொணர்கிறது.

(2) பாரா காந்தம் (Paramagnetism): தூய நிலையிலுள்ள தனிமங்கள் மட்டுமல்லாது உப்புகள் ஆக்சைடுகள் முதலிய இயல் காந்தப் பொருள்களைக் கொண்டு செய்த ஆய்வுகளிலிருந்து கிடைத்த சிறப்பான முடிவாவது: காந்த ஏற்புத் திறன் காந்தமாக்கும் புலத்தைச் சார்ந்ததன்று; ஆனால், தனிமுதல் வெப்பநிலைக்கு எதிர் விகிதத்தில் இருக்கிறது. இது வழக்கமாக கியூரி விதி எனப்படும் $X = C/T$ எனும் தொடர்பால் குறிக்கப்படுகிறது. இங்கே X என்பது பொருண்மை காந்த ஏற்புத்திறன், T என்பது பொருளின் தனிமுதல் வெப்பநிலை, C என்பது கியூரி எண் (Curie constant) எனப்படும் ஒரு விகித மாறிலி (constant of proportionality). இதனினும் சிக்கலான ஒரு விதியும் உள்ளது. இது கியூரி-வைஸ் விதி (Curie-Weiss law) எனப்படும். பல இயல் காந்தப் பொருள்கள், குறிப்பாக, திரவ, திட நிலைகளில் உள்ள போது இவ் விதிக்குட்பட்டு நடக்கின்றன. இவ் விதியினை $X = \frac{C}{T-\theta}$ எனக் குறிக்கலாம். இங்கே θ என்பது கியூரி நிலை (Curie point) எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுதான வெப்பநிலை.

நமக்குக் கிடைத்த முக்கியமான முடிவுகளைச் சுருக்கமாக நோட்டம் விடுவதில் இயல் காந்த வாயுக்கள், கரைசல்கள், திடப்பொருள்கள் ஆகியவற்றிற்குச் சாதாரண வெப்பநிலைகளில் நிகழ்த்திய ஆராய்ச்சிகளை முதலில் பார்ப்போம். குறைந்த வெப்ப நிலை ஆராய்வுகளை அதற்குப் பிறகு பார்ப்போம்.

வாயுக்கள்: கிட்டத்தட்ட எல்லா வாயுக்களும் குறுக்குக் காந்தங்களே. மிகவும் நிலைத்த தன்மையுடைய மூலக்கூறுகள் இரட்டைப்படை எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. எனவே, அவை குறுக்குக் காந்தங்களாக இருப்பது இயற்கையே. ஸோனேயின் (Sone) ஆராய்ச்சிகள், நைட்ரஜனின் (Nitrogen) ஆக்ஸைடுகளில் சோடியாகாத எலெக்ட்ரான்களை (unpaired) (15-ம் 23-ம்) உடைய NO, NO_2 ஆகிய இரண்டு மட்டிலும் இயல் காந்தங்கள் எனக் காட்டின. ஒற்றைப்படை எலெக்ட்ரான்களை உடைய ஒரே ஒரு வாயு மேற்கண்டவை தவிர்த்து—குளோரின் டையாக்ஸைடு ClO_2 (33 எலெக்ட்ரான்கள்) இதனைக் கார்பன் டெட்ரா குளோரைடில் (carbon tetrachloride) கரைத்து ஆராய இது

பாரா காந்தமாக இருக்கக் காணப்பட்டது. இரட்டைப்படை எலெக்ட்ரான்களையுடைய (16) ஆக்ஸிஜன் (oxygen) மட்டிலும் தான் டயா காந்தத்திற்கும் இரட்டைப்படை எலெக்ட்ரான்களுக்கும் உள்ள தொடர்பிற்கு விதிவிலக்கு. கியூரி (Curie), வில்ஸ் (Wills), ஹெக்டர் (Hector), பாவர் (Bauer), பிக்கார்ட் (Piccard) ஆகியோர் ஆக்ஸிஜனைப் பலவேறு வெப்பநிலைகளிலும் மிக உயர்ந்த அழுத்தங்களிலும் மிகுந்த கவனத்துடன் ஆராய்ந்தார்கள். அது ஓர் இயல்காந்தப் பொருளாகவும் $\chi = 108 \times 10^{-6}$ எனும் மிகவும் உயர்ந்த மதிப்பைப் பெற்றிருப்பதாகவும் காணப்பட்டது. சாதாரண வாயுநிலையில் அது கியூரியின் விதிக்குட்பட்டு ஒழுகியது. ஆனால், மிகவும் அமுக்கப்பட்ட, குளிர்ந்த நிலையில் (100 வளி அழுத்தமும் 150° கெல்வினும்) கியூரி-வைஸ் விதிக்குட்பட்டிருந்தது. ஆக்ஸிஜன் இயல்காந்தமாக இருப்பதற்குரிய காரணம் இன்னும் விளங்கவில்லை. ஓஸோன் (ozone) (O_3) குறுக்குக் காந்தமாக இருப்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

கரைசல்கள் : நிலைமாறும் முதல் தொகுதியைச் (first transition group) சேர்ந்த தனிமங்களின் கூட்டுப் பொருள்கள் (உப்புகள்) அ-து., Ni, Co, Fe, Mn, Cr போன்றவற்றின் சல்ஃபேட்டுகளும் (Sulphates) குளோரைடுகளுமே முழுமையாக ஆராயப்பட்ட இயல்காந்தக் கரைசல்கள். கரைசல்களிலிருந்து கண்டுபிடிக்கப்பட்ட இயல்காந்த உலோக நேர்மின் அயனிகளின் காந்த ஏற்புத் திறன்கள் (இவற்றை அளக்கும்போது கரைசலிலுள்ள மற்ற அயனிகள், நீர் ஆகியவற்றின் குறுக்குக் காந்தத் தன்மைக்குத் திருத்தங்கள் செய்ய வேண்டும்) பொதுவாகக் கியூரி விதிக்குட்பட்டிருந்தன. ஆனால், மிகுந்த செறிவாக்கமுடைய (concentration) கரைசல்களுக்கு, கியூரி-வைஸ் (Curie-Weiss) விதியினைக் கையாள வேண்டும். கியூரிநிலை (Curie-point) செறிவாக்கத்தினையும் (concentration) மற்ற அயனிகளையும் எவ்வாறு சார்ந்திருக்கின்றது என்பதற்கு எந்த எளிய பொதுவிதியும் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லையாயினும்— என ஃபோயக்ஸ் (Foex) என்பார் காட்டினார். 1921-ல் போயக்ஸ் இரும்பு, கோபால்ட் ஆகியவற்றின் சில உப்புகளின் செறிவாக்கம் மிகுந்த கரைசல்களை ஆராய்ந்து θ-ன் மதிப்பு முறையே $+13°$, $-17°$ எனக் கண்டார்.

திடப்பொருள்கள் : பாரா காந்தத் திடப்பொருள்கள் பெருமளவில் ஆராயப்பட்டுள்ளன. பல்வேறு வெப்பநிலைகளில் அவற்றின் காந்த ஏற்புத் திறன்கள் அளக்கப்பட்டுள்ளன. சோதிக்கப்பட்ட பல திட உப்புகளுக்கு (solid salts) வெப்பநிலைகளின் பரந்த

நெருக்கத்திற்குக் கியூரி-வைஸ் விதி மிகவும் பொருந்தியிருக்கின்றது. ஆனல், θ-ன் மதிப்பு பொருள்களுக்கேற்ப மிகவும் மாறுகின்றது ; சில பொருள்கட்கு இது நேர்க்குறியுடையதாகவும் (positive) மற்றவற்றிற்கு எதிர்க்குறியுடையதாகவும் (negative) இருக்கிறது.

தூய நிலைகளில் உள்ள தனிமங்களைப் பொறுத்தமட்டில் ஹொண்டா (Honda), ஓவென் (Owen) ஆகியோர் மிகவும் விரிவான ஆராய்ச்சிகளை நடத்தினர். இவர்கள், கியூரியின் காந்தத் தராசினைக் கொண்டு கிட்டத்தட்ட 30 இயல்காந்தத் தனிமங்களின் காந்த ஏற்புத் திறன்களை திரவக் காற்றின் (liquid air) வெப்ப நிலையிலிருந்து 1200°C வரை பல வெப்பநிலைகளில் அளந்தார்கள். சிலவற்றின் காந்த ஏற்புத் திறன் கிட்டத்தட்ட ஒரு மாறிலியாகவும், மற்றவற்றின் திறன்கள் வெப்பநிலையுடன் உயரவும் காணப்பட்டன. இந்த முரண்பாட்டிற்கு உலோகங்களில் உள்ள கட்டுப்பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்கள், அணுக்களுக்கிடையே நிகழும் சிக்கலான எலெக்ட்ரான்கள் பரிமாற்றம், அல்லது வெப்பநிலை உயரஉயரத் திரள்களிலிருந்து பாரா காந்த ஊர்திகள் (paramagnetic carriers) அரைகுறையாக விடுவிக்கப்படுதல்கூடக் காரணமாக இருக்கலாம்.

குறைந்த வெப்பநிலையில் கண்ட முடிவுகள் : காமர்லிங் ஓன்ஸும் (Kamerlingh Oanes) அவருடைய உடன் பணியாளர்களும் கடோலினியம் சல்பேட்டினைத் (gadolinium sulphate) திரவ ஹீலியத்தின் வெப்பநிலை வரை (1·3°K) குளிர வைத்துப் பல வெப்ப நிலைகளில் ஆராய்ந்து இந்தத் திடப்பொருள் கியூரி விதிக்கு மிகவும் நெருக்கமாக உட்பட்டு நடக்கின்றது எனக் கண்டனர். இது ஓர் எதிர்பாராத, வியக்கத்தக்க ஆனல் கொள்கைக் கண்ணோட்டத்தில் வரவேற்கத்தக்க முடிவாக இதனைக் கீழே பார்ப்போம். ஆக்ஸிஜனுடைய காந்த ஏற்புத்திறன் திரவ, திட நிலைகளில் ஓன்ஸ், பெர்ரியர் ஆகியோரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஆக்ஸிஜன் திரவத்தை 60° கெல்வினுக்கும் 90° கெல்வினுக்கும் இடையில் ஆராய்ந்தபோது அது கியூரி-



பேராசிரியர் காமர்லிங் ஓன்ஸ்

வைஸ் விதிக்குட்பட்டிருக்கக் காணப்பட்டது அதன் காந்த ஏற்புத் திறன் $X = \frac{\cdot 315}{T - \theta}$ எனவும், இதில் θ-ன் மதிப்பு எதிர்க்குறியுடையதாகவும் ஆக்ஸிஜனின் செறிவாக்கம் உயரஉயர இதுவும் உயரக் காணப்பட்டது. மேலும், 33° கெல்வினில் ஒரு புதிய வடிவமாற்றம் (allotropic modifications) உருவானது. இதன் காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலை உயரஉயரக் குறைந்தது. 13° வரையில் இவ்வாறு நிகழ்ந்தது. ஜேக்ஸன் (Jackson) இரும்பு, நிக்கல், கோபால்ட் ஆகியவற்றின் சல்ஃபேட்டுகளைப் பொடியாகவும், தனிப் படிகங்களாகவும் எடுத்துக்கொண்டு அவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன்களை ஹைட்ரஜன் திரவத்தின் (liquid hydrogen) வெப்பநிலைவரையில் (14°கெ) கண்டுபிடித்தார். இந்தப் பொருள்கள் யாவும் ஒப்பீட்டில் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் கியூரி-வைஸ் விதிக்கு உட்பட்டிருந்தாலும், தாழ்ந்த வெப்ப நிலைகளில் காந்தம்பற்றிய பல முரண்பாடுகள் காணப்படுகின்றன.

(3) அயக்காந்தம் (Ferromagnetism) : அயக்காந்தங்கள் பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளைக் காட்டின. அவை யாவும் அவற்றில் உள்ளடங்கியுள்ள விஞ்ஞானச் சிறப்புகளின் கண்ணோட்டத்திற்காக மட்டுமல்லாது நடைமுறை முக்கியத்துவத்தைக் குறித்தும் விரிவாக ஆராயப்பட்டுள்ளன.

அயக்காந்தங்கள் பண்பளவில் மற்றப் பொருள்களிலிருந்து கீழ்க்கண்ட தனிச்சிறப்புப் பண்புகளால் பிரித்தறியப்படுகின்றன : (a) வலுக்குறைந்த புலங்களிலும் ஒப்பீட்டளவில் உயர்ந்த காந்த ஏற்றம் (magnetisation) பெறுகின்றன. காட்டாக 10 காஸ் (gauss) புலத்தில் ஆன்டிமனியின் (டயா காந்தம்) காந்த ஏற்றச் செறிவு எண் (specific intensity of magnetisation) ஏறத்தாழ $-0{\cdot}8 \times 10^{-6}$, கோபால்ட் சல்ஃபேட்டினுடைய (இயல் காந்தம்) எண் ஏறக்குறைய $0{\cdot}6 \times 10^{-3}$, தேனிரும்பிற்கு இது கிட்டத்தட்ட 200. (b) அவற்றின் காந்த ஏற்றத்திற்கும், காந்தமாக்கும் புலத்தின் செறிவிற்கும் ஒருபடித் தொடர்பு (linear relation) இல்லை. இதிலிருந்து அவற்றின் காந்த ஏற்புத் திறன் ஒரு மாறிலி அன்று என்பதும் புலத்திற்கேற்ப மாறுகிறது என்பதும் தெரிகிறது. எனவே, அயக்காந்தத்தின் காந்தப்பண்புகளைப் பாரா டயா காந்தங்களுக்குக் குறித்ததுபோல ஓர் எளிய முறையில் குறிக்கமுடியாது. (c) மேலும் அவற்றின் காந்தம் புலத்தின் செறிவை மட்டிலுமே சார்ந்ததன்று ; அதற்கு முன்னால் எந்தெந்தப் புலங்களுக்கு ஆட்படுத்தப்பட்டிருந்ததோ அவற்றையும் பொறுத்திருக்கும். புலத்தின் மதிப்பை ஒரு சுழற்சியாக மாற்றினால், நாம் நன்கறிந்த காந்தத் தயக்கக் கண்ணி (Hyteresis

curve) கிடைக்கிறது. (d) புறப்புலம் எதுவும் இல்லாதவிடத்தும் நிலைத்த காந்தமாக இவை இருக்கமுடியும் [எஞ்சிய காந்தம் (residual magnetism)].

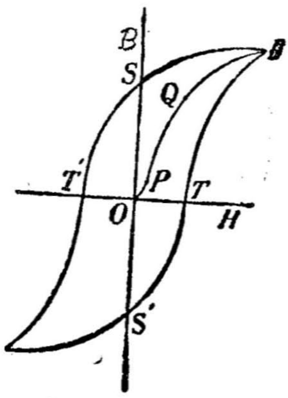
அயக்காந்தங்கள் பற்றிய கண்டுபிடிப்புகளில் மிகுந்த முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது, அவை ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுதான வெப்ப நிலைக்குமேல் தங்களுடைய தனிச்சிறப்புப் பண்புகளை இழந்து பாரா காந்தங்கள்போன்று ஒழுகுவதே. ஆரம்பகால ஆராய்ச்சிகள், மங்கலான சிவப்பாகக் காய்ச்சப்பட்ட இரும்புத் துண்டு, காந்தத்தினல் கவரப்படுவதில்லை எனவும் அவ்வாறே ஒரு காந்தத்தைச் சூடாக்கினல் அது தன் காந்தம் முழுவதையும் இழந்துவிடுகிறது எனவும் காட்டின. இதிலிருந்து இரும்பினை ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலைக்குமேல் சூடாக்கினல் அது தன் தனிச்சிறப்புக் காந்தப் பண்புகளை இழந்துவிடுகிறது என்பது, தெரிகிறது. இந்தக் காந்த மாறுதான வெப்பநிலை பொருளின் அடர்த்தி, வெப்பஎண் (Specific heat), மின்கடத்தும் திறன் போன்ற பல பண்புகளும் மாறுகின்ற மாறுதான வெப்பநிலையுடன் ஒன்றியிருக்கின்றது. ஹாப்கின்ஸ் (Hopkins) மாறுதான வெப்பநிலை இரும்பிற்கு 780° செ. எனவும் நிக்கலுக்கு 340° செ. எனவும் கண்டார். மாறுதான வெப்பநிலைக்குக்கீழ் வலுக்குறைந்த புலங்களில் வெப்ப நிலை உயரஉயரக் காந்த ஏற்புத்திறனும் உயர்கின்றது; ஆனல், வலுவான புலங்களில் இதற்கு மாறுக நிகழ்கின்றது எனவும் கண்டார்.

கியூரியும் ஏனையோரும் மாறுதான வெப்பநிலைக்கு மிகவும் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் ஆய்வுகள் செய்து அயக்காந்தங்களின் காந்த ஏற்புத்திறன் புலம், வெப்பநிலை ஆகிய இரண்டிற்கேற்பவும் ஒரு சிக்கலான முறையில் மாறுகின்றது எனவும், இருந்தாலும் அதனைக் கியூரி-வைஸ் விதிக்குட்பட்டு ஒழுகும் இயல்காந்தமாகக் கொள்ளமுடியும் எனவும் கண்டனர். காற்றுத் திரவத்தின் (liquid air) வெப்பநிலை வரை (87° கெ) மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் காந்தமாக்கும் புலம் சிறிதாக இருக்கும்போது தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளை நெருங்க நெருங்க Fe, Ni ஆகியவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன் குறைகின்றது எனவும், ஆனல், புலம் பெரிதாக இருந்தால் அதிகரிக்கின்றது எனவும் காட்டின. Co-ன் காந்த ஏற்புத்திறன் மிகத் தாழ்ந்த வெப்ப நிலைகளில் எப்பொழுதும் குறைவாகவே இருக்கிறது. அயக்காந்தங்கள் அவற்றின் கியூரி நிலைகளுக்கு (Curie points) மேற்பட்ட வெப்பநிலைகளில் இயல்காந்தங்களாக மாறுகின்றன எனவும் அப்பொழுது அவை கியூரி-வைஸ் விதிக்குட்பட்டு நடக்கின்றன

எனவும் இந்த ஆய்வுகள் காட்டின. எனவே, அயக்காந்தம் கியூரி நிலைக்குக் கீழே உள்ள வெப்பநிலைகட்கு வரம்பிடப்பட்ட இயல் காந்தத்தின் ஒரு தனி உருவமே எனக் கொள்ளவும் கூடும். இதன் மூலமும் இயல்காந்தத்தினுடையதற்கு வேறுபட்டதாக இருக்கமுடியாது.

அயக்காந்தங்களைச் கொண்டு கண்ட ஏனைய சிறப்பான முடிவுகளாவன :

புலத்திற்கேற்ப காந்த ஏற்றம் மாறுதல் : அயக்காந்தங்களின் காந்த ஏற்றம் (magnetisation) புலத்திற்கேற்ப மாறும் முறையினை நன்கு அறிந்த செய்முறைகளில் ஏதேனும் ஒன்றைக்கொண்டு தொகுத்த விவரங்களிலிருந்து ஓர் ஆய்பொருளின் காந்தத்தூண்டு தல் H-க்கும் (magnetic induction) காந்தமாக்கும் புலத்திற்கும் (magnetising field) இடையே ஒரு வரைபடம் வரைவதால் கிடைக்கும் வளைகோட்டினைக் கொண்டு (படம் 25) நன்கு ஆராயலாம்.



படம் 25. காந்தத் தயக்கக் கண்ணி

ஆ ர ம் ப த் தி ல் காந்தமேற்றப் படாத ஓர் இரும்பு அல்லது எஃகு துண்டினைப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும் ஒரு புலத்திற்கு ஆட்படுத்தும்போது, காந்த ஏற்றம் முதலில் மெதுவாகவும் (வளைகோட்டின் OP பகுதி) பிறகு மிக விரைந்தும் (PQ) அதிகரித்து இறுதி யில் மெதுவாக நிறைநிலை மதிப்பினை நெருங்குகின்றது (QR). வளைகோட் டின் ஆரம்பப் பகுதிக்கு (OP), காந்த ஏற்புத்திறன் தோராயமாக $K = K_0 + bH$ எனும் சமன்பாட் டால் கிடைக்கிறது. இங்கே K_0 என்பது ஆரம்பக் காந்த ஏற்புத்திறன், b ஒரு மாறிலி. வளைகோட்டின் செங்குத்தான பகுதியில் (PQ) காந்த ஏற்புத்திறன் ஒரு பெருமத்திற்கு அதிகரித்து அதன் பின்னர் குறைகிறது. ஆரம்பக் காந்த ஏற்புத்திறன் உயர் வாக இருந்தால் குறைந்த புலங்களிலேயே தோராய நிறை நிலையை அடைந்துவிடுகிறது.

புலத்தினைப் படிப்படியாகக் குறைக்கும்போது காந்த ஏற்றம் அதன் பழைய பாதையில் திரும்பாமல் வேறொரு பாதை (RST') வழியாகச் செல்கிறது. புலத்தினை $+H$, $-H$ எனும் மதிப்பு கட்கிடையில் சுழற்சியாக மாற்றினால் காந்தத் தயக்கக் கோடு

(Hysteresis curve) என வழங்கப்படும் வளைகோடு கிடைக்கிறது. புலத்தின் பெரும மதிப்பு ஆய்பொருளை நிறைநிலைக்குக் கொண்டு வரப் போதுமானதானால் புலத்தைச் சுழிக்குக் (Zero) குறைக்கும் போது காந்தம் எஞ்சியிருக்கக் காணப்படுகிறது. இந்த எஞ்சிய காந்தம் (OS) தேக்குதிறன் (Retentivity) எனப்படும். இந்த எஞ்சிய காந்தத்தைத் துடைப்பதற்கு எதிர்த்திசையில் தேவைப் படும் புலம் **காந்த நீக்குதிறன்** (Coercivity) எனப்படும். இச் சுழற்சியினைத் திரும்பவும் செய்தால் காந்தத் தயக்கக் கண்ணி (Hysteresis loop) எனப்படும் ஓர் அடைப்புக் கோடு (closed curve) மீண்டும் மீண்டும் வரையப்படுகிறது. ஆய்பொருள் சீரான சுழற்சி நிலைக்கு வந்திருந்தால் மட்டுமே இது நிகழும். ஆனால், பொருள் முதலில் முற்றிலும் காந்த நீக்கம் செய்யப்பட்டிருந் தாலன்றி OPQR எனும் ஆரம்பப் பாதை வழியாக மீண்டும் செல்வதே இல்லை. சுமாரான அளவு தீவிரமான புலங்களில் அயக்காந்தங்களின் காந்த ஏற்றக் கோடுகளின் (magnetisation curves) சிக்கலான தன்மைக்குரிய காரணம் காந்தமேற்றும் செயல் முறைகள் திருப்பவல்ல மாற்றங்களோடு பின்புறம் திருப்பவியலாத மாற்றங்களும் சேர்ந்திருப்பதால் உண்டாகும் விளைவாக இருக்கலாம்.

இவிங் (Ewing), லோ (Low) ஆகியோர் 16,000 காஸ் வரையுள்ள மிகத் தீவிரமான புலங்களில் காந்த ஏற்ற மாறுதல்களை, பூசந்தி முறை (isthmus method) எனப்படும் முறையால் ஆராய்ந்து புலத்தினது செறிவின் மேல் வரம்புகளில் காந்த ஏற்றச் செறிவு கிட்டத்தட்ட மாறாதிருக்கக் கண்டனர். மிகவும் அண்மைக் காலத்தில் (1931) கபிட்ஸா (Kapitza) இவற்றிலும் வலிமை மிக்க 3,00,000 காஸ்கள் எனும் அளவில் உள்ள புலங்களை ஒரு திறம் வாய்ந்த முறையினால் தோற்றுவித்தார். அம் முறையாவது, காந்தமாக்கும் புலத்தை உண்டாக்கும் கம்பிச் சுருளின் வழியாக இருதிசை மின் ஆக்கி (A. C. generator) ஒன்றினைக் குறுக்குச் சுற்றுக்குவதில் (short circuiting), இத்தகைய மிகக்


பேராசிரியர் கபிட்ஸா

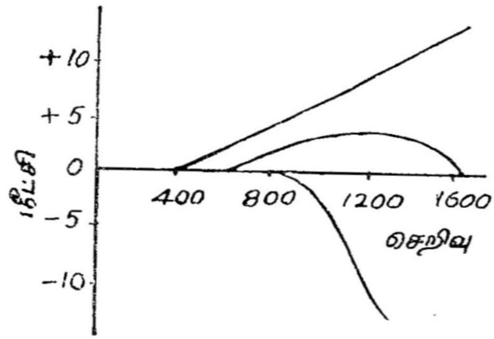
குறைந்த காலமே இருக்கின்றன, ஆனால் மிக உயர்ந்த புலத்தினுள் ஒரு சிறிய ஆய்பொருளின்மீது தொழிற்படும் விசையை நுட்பம் வாய்ந்த, தேய்வுறுதல் உடைய (damped) உயர் அதிர்வெண் வகைத் தராசு ஒன்றனைக் கொண்டு அளந்தார். அதிலிருந்து, இரும்பு, நிக்கல் ஆகியவற்றின் காந்த ஏற்றங்கள் நிறைநிலைக்கு மேலே 2,80,000 காஸ் புலங்கள் வரையில் அநேகமாக மாறாமலேயே யிருக்கிறதெனத் திட்டவட்டமாக நிரூபிக்க அவரால் முடிந்தது.

உலோகக் கலவைகளின் காந்தப் பண்புகள் (Alloys): சிலிகான் (Silicon), மாங்கனிஸ் (Manganese), டங்ஸ்டன் (Tungstan), குரோமியம் (Chromium) போன்ற பல பொருள்கள் சிறுஅளவில் சேர்க்கப்பட்டால் எஃகினது காந்தப் பண்புகளைப் பெருமளவில் மாற்றுகின்றன. குரோமியம், டங்ஸ்டன் அல்லது மாங்கனிஸ் ஆகியவை 4% வரையில் கலக்கப்பட்டால் காந்த நீக்குவிசையைப் (coercive force) பெருமளவில் அதிகரிக்கச் செய்கின்றன. சில இடங்களில் 40-விருந்து 50% வரை அதிகரிக்கின்றது. எனவே, நிலைக்காந்தங்களைச் செய்வதற்கு ஏறத்தாழ 10,000 காஸ் தேக்குதிறன் (Retentivity) உடைய டங்ஸ்டன்-எஃகு பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. நூற்றுக்கு 12 பங்கு மாங்கனிஸ் கலந்த எஃகு தாழ்புலங்களில் காந்தத் தன்மை இல்லாதது; எ-டு., எல்லாப் புலங்களுக்கும் ஏறத்தாழ 1·4 காந்த ஊடுருவுந்திறன் உடைய ஹேட்ஸ்ஃபீல்ட் மாங்கனிஸ்-எஃகு (Hadsfield's manganense-steel). மாங்கனிஸே மிகவும் வலுக்குறைந்த ஓர் இயல்காந்தப் பொருளாகும், ஆனால், ஒரு மின் உலையில் (electric furnace) உருக்கப்படும்போது அயக்காந்த நிலைக்கு வருகின்றது. அப்போது, அது தீவிரமான காந்த ஏற்றம் பெறுவிட்டாலும் குறிப்பிட்ட வலுவந்தப்படுத்தும் விசையினைப் பெற்றிருக்கிறது. பொறிநுட்பத் துறையில் (Technology) மிகுந்த மதிப்புடைய மற்ற உலோகக் கலவைகளாவன: அல்நிகோ (Al, Ni, Co ஆகியவற்றின் கலவை) 500 நீக்குதிறனும் விசையும் 1,20,000 தேக்குதிறனும் உடைய தற்காலத்திய நிலைக்காந்தங்களைச் செய்வதற்குப் பயன்படும் டிங்கோனல் (tinconal) (Sn + Co + Ni + Al), அய-கோபால்ட் (Ferro-cobalt)—இதனுடைய நிறைநிலைச் செறிவு இதன் உறுப்புகளினுடையதைக் காட்டிலும் மிகவும் பெரிதாகையால் ஆற்றல் வாய்ந்த மின்காந்தங்களின் முனைத் துண்டுகளைச் செய்வதற்கு இது மிகவும் உகந்தது; அய-நிக்கல் பெர்மல்லாய் (permalloy)—புவியின் காந்தப் புலத்திலேயே இது ஏறக்குறைய நிறைநிலை அடைந்துவிடுகிறது; பேரளவு உயர்ந்த ஆரம்பக் காந்த ஊடுருவுந்திறன் உடையது, எனவே, தகவல் தொடர்பு கம்பி வடங்கள் (cable) செய்வதற்கு மிகவும் ஏற்றது.

ஆய்ஸ்லர் கலவை (Heusler alloy): 1898-ல் ஆய்ஸ்லர் அயக்காந்தமல்லாத பொருள்களைக் கொண்டும் அயக்காந்தக் கலவைகளைச் செய்யலாமெனக் கண்டுபிடித்தார். அதிலிருந்து இக் கலவைகள் மிகப் பரவலாக ஆராயப்பட்டு வருகின்றன. மாங்கனிஸ் அலுமினியம் செம்புக் கலவை, மாங்கனிஸ் அலுமினியம் நாகக்கலவை ஆகிய உலோகக் கலவைகள் குறிப்பிடத்தக்க காந்தப் பண்புகளைக் காட்டின. இவை கிட்டத்தட்ட வார்ப்பிரும்பின் (cast iron) பண்புகளுக்கு ஒத்திருந்தன. காந்தமேற்றக் கூடிய பல உலோகக் கலவைகளை அலுமினியத்தைக் கொண்டு செய்யலாம். இக் கலவைகளில் அலுமினியத்தின் நிறைநிலைச் செறிவின் பெரும அளவு 13% இருக்கும். இந்த ஆய்ஸ்லர் கலவைகளில் மாங்கனிசும் செம்புங்கூட (இவை அயக்காந்தத் தனிமங்களின் அண்டையில் உள்ளவை) இருக்கவேண்டுமெனத் தெரிய வருகின்றது. சாதாரணமாக இயல்காந்தப் பொருளான மாங்கனிஸ் உண்மையில் ஓர் அயக்காந்தமே என்றும், அதன் மாறுதான வெப்பநிலை அறையின் சாதாரண வெப்பநிலைக்குக் கீழே இருக்கின்றது எனவும், இதனை வேறுசில தகுந்த பொருள்களுடன் கலப்பதால் இதன் மாறுதான வெப்பநிலை உயர்கின்றது எனவும், அதனால் இது சாதாரண வெப்பநிலைகளிலே அயக்காந்தமாக ஆகின்றது எனவும் கருத்துத் தெரிவிக்கப்படுகின்றது.

காந்தமேற்ற உருமாறல் (Magneto-striction): காந்த-பொறிநுட்ப விளைவுகள் பலவற்றுள் காந்த ஏற்றத்தால் பொருளின் அளவைகள் மாறுபடுவது பற்றிய காந்தமேற்ற உருமாறல் (magneto-striction) எனப்படும் நிகழ்ச்சி சற்று முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. இவ் விளைவுபற்றிய ஆரம்பகால ஆராய்ச்சிகள் இச்செயலின் தன்மையைப் பற்றி விரிவான விளக்கம் எதையும் கொடுக்கவில்லை. ஏனெனில், பல சோதனைகளில் பயன்படுத்திய அயக்காந்தப் பொருள்கள் படிகங்களின் (micro crystals) சரியாக வரையறுக்கப் படாத, மாறுபடுகின்ற கட்டமைப்பையுடைய தொகுதிகளே ஆனால், 1925-ல் வெப்ஸ்டர் (Webster) தனிப் படிகங்களைக் கொண்டும், 1926-ல் ஹோண்டா (Honda), கயா (Kaya) ஆகியோர் நிக்கலைக் கொண்டும் செய்த ஆராய்ச்சிகள் முன்னினும் திட்டவட்டமான முடிவுகளைக் கொடுத்தன. கனசதுர வடிவமான இரும்புப் படிகங்களுக்கு வெப்ஸ்டர் கண்ட முடிவுகள் படம் 26-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இது நீட்சிக்கும் (elongation), காந்த ஏற்றச் செறிவிற்கும் வரையப்பட்ட வரைபடம். ஒரு படிகத்தினுள் மூன்று தளங்கள் (planes) அல்லது அச்சுகளை (axes) பிரித்தறிவது வழக்கம். அவை மில்லர் குறியீடுகள் (Miller indices) (1,0,0), (1,1,0), (1,1,1) ஆல் குறிக்கப்படுகின்றன.

இரும்புப் படிகம் (1,0,0) அச்சினூடு மிக எளிதாகவும் (1,1,0) அச்சினூடு சற்றுக் குறைவாகவும் (1, 1, 1) அச்சினூடு மிகவும் குறைவாகவும் காந்த ஏற்றம் பெறுகின்றன. வளைகோடுகளி லிருந்து நீட்சியின் மதிப்பானது செறிவு உயரஉயர யாவினும்



படம் 26. காந்த — இரும்புப் படிகத்தில் எந்திர விளைவு

எளிய முறையில் காந்த ஏற்றம் பெறும் திசையில் (1,0,0) தொடர்ச்சியாக உயர்கின்றது; (1,1,0) அச்சில் முதலில் உயர்ந்து பிறகு குறைகிறது; (1,1,1) அச்சில் தொடர்ந்து குறைகிறது என்பது தெரிகிறது. உயர்ந்த செறிவுகளில், நீட்சியானது செறி வின் ஒருபடிச் சார்பாக (linear function) உள்ளது. நிக்கல் படிகம் மூன்று திசைகளிலும் (1,1,1; 1,1,0; 1,0,0) சுருங்குகின்றது. இது மிகவும் குறைந்த செறிவுகளில் சுருங்க ஆரம்பித்து நிறை நிலையை நெருங்கநெருங்க இச் சுருக்கம் படிப்படியாக அதிகரிக் கின்றது.

ஓர் அயக்காந்தப் பொருளின் வெப்பநிலை கியூரிநிலையைத் தாண்டிச் செல்லும்போது படிகம் சாதாரணக் காந்தமேற்ற உரு மாறல் விளைவினுல் உண்டாவதைவிட அதிகமான அளவு, ஆனுல் அதே வரிசையில் நீளம் மாறுகின்றது. இது பொதுநிலை திறம்பிய (anomalous) விளைவு.

பல்வேறு அயக்காந்தப் பொருள்களைக் கொண்டு கண்டறிந்த பலவகை விளைவுகள் காந்தமேற்ற உருமாறல் (magneto-striction) காந்த ஏற்றத்தினுல் உண்டாகும் காந்த விசைகளினுல் இருக்க முடியாது எனக் காட்டுகின்றன. ஃபௌலர் (Fowler), கபிட்சா (Kapitza) ஆகியோர் காந்தமேற்ற உருமாறலுக்கும், இதனோடு தொடர்புகொண்ட மற்றைய நிகழ்ச்சிகட்கும் ஹைசன்பர்கி னுடைய (Heisenberg) அயக்காந்தம் பற்றிய பொறிநுட்பக் குவான் டம் கொள்கையின் அடிப்படையில் பண்பறி விளக்கம் (qualitative

interpretation) தந்தார். இது சரியான திசையில் மேற்கொள்ளப் பட்ட முயற்சி எனச் சொல்லலாம்.

காந்த வெப்ப விளைவுகள் : அயக்காந்தங்கள் சில குறிப்பிட்ட நிலைகளில் உண்டாக்கும் வெப்ப விளைவுகள் மூன்று தலைப்புகளின் கீழ் ஆராயப்பட்டுள்ளன.

(அ) **அயக்காந்தப் பொருளின் வெப்ப எண் (specific heat) கியூரிநிலையின் அண்மை அயலில் தொடர்ச்சியற்றுப்போதல் :** பேட்ஸ் (Bates) தாழ்ந்த ஆனால் கூர்மையாக வரையறுக்கப்பட்ட 45° செ. கியூரி நிலையினை உடைய மாங்கனிஸ் ஆர்ஸெனைடை (Manganese arsenide) ஆராய்ந்து வெப்ப எண் முதலில் கூர்மையான ஒரு பெருமத்திற்கு (maximum) உயர்ந்து பிறகு விரைந்து குறைகிறது எனக் கண்டார். எனினும், ஸக்ஸ்மித் (Sucksmith), பாட்டர் (Potter) ஆகியோர் நிக்கல், ஆய்ஸ்லர் கலவை ஆகியவற்றைக்கொண்டு நிகழ்த்திய ஆய்வுகள் மேற்கண்ட மாற்றம் அவ்வளவு திடீரென ஏற்படுவதில்லை எனவும், கியூரிநிலைக்கு அண்மையில் வெப்பநிலையின் ஒரு பரந்த வீச்சிலேயே ஏற்படுகின்றது எனவும் காட்டின.

(ஆ) **காந்த-கலோரி விளைவு** (Magneto caloric effect) : ஓர் அயக்காந்தப் பொருளின்மீது திடீரென ஒரு தீவிரமான காந்தப் புலத்தைத் தொழிற்படுத்தும்போது ஏற்படும் திருப்பவல்ல (reversible) மாறா வெப்ப விளைவினால் (adiabatic charge) வெப்ப நிலை மாறுபடுவது பற்றியது இது. வைஸ் (Weiss), ஃபாக்ஸ் (Fox) ஆகியோர், ஓர் எளிய வெப்ப இயக்கக் காரணகாரிய முறையில் இந்த வெப்பநிலை மாற்றத்திற்கு கீழ்க்கண்ட வடிவில் ஒரு தொடர்பினைக் கண்டார்கள்.

$$\Delta T = -\frac{T}{S} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dI}{dT} \cdot \Delta H.$$

இங்கே, ΔT என்பது புலத்தில் ஏற்படும் ΔH மாற்றத்தால் வெப்பநிலையில் உண்டாகும் மாறுதல், T என்பது ஆய்பொருளின் தனிமுதல் வெப்பநிலை, S-ம் ρ-ம் முறையே ஆய்பொருளின் வெப்ப எண்ணும் அடர்த்தியும் ஆகும். $\frac{dI}{dT}$ மிகவும் உயர்வாக இருக்கின்ற கியூரிநிலையிலேயே வெப்பநிலை மாறுதல் பெரிதாக இருக்க வேண்டும். இந்த விளைவினைத் திருப்பவியலாத (irreversible) காந்தப் பின்னடைவு விளைவோடு தொடர்புகொண்ட வெப்ப நிலை மாற்றத்தோடு குழப்பிக் கொள்ளக்கூடாது. காந்த ஏற்றச் செறிவு மிகச் சிறிதாக இல்லாதபோது, வெப்பநிலை மாறுதல் செறிவின் இருபடியோடு (square of the intensity) ஒரு படித்தாக (linearly) உயர்கின்றது.

(இ) வெப்பமின் விளைவு (Thermo electric effect) : டார்ஃப்மன் (Dorfmann), ஜானஸ் (Jaanus) ஆகியோர் நிக்கலும், அயக்காந்தமில்லாத பொருளும் கொண்ட ஒரு சுற்றில் உண்டாகும் வெப்பமின் இயக்குவிசை (Thermo electric force—e.m.f.) வெப்பநிலைக்கேற்ப எவ்வாறு மாறுகின்றது என்பதனை ஆராய்ந்தார்கள். கியூரிநிலையைத் தாண்டிச் செல்லும்போதுள்ள இம் மாற்றத்தைக் கொண்டு எலெக்ட்ரான்களின் வெப்ப எண்ணின் மாற்றம் மதிப்பிடப்பட்டது. கியூரிநிலையில் உண்டாகும் வெப்பஎண் மாற்றம் முழுவதையும் கட்டுப்பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்களுடனேயே (மின்கடத்துதலுக்குக் காரணமான அதே எலெக்ட்ரான்கள்) தொடர்புபடுத்த வேண்டுமேயன்றி அயனிகளுடனும் அணுக்களுடனும் அல்ல என இவை காட்டின. கெர்லாக் (Gerlack) நிக்கல் கம்பித் துண்டு ஒன்றின் ஒரு முனையை அறையின் வெப்பநிலையில் வைத்து மறுமுனையின் வெப்பநிலையை உயர்த்தி, வெப்பநிலைச் சரிவிற்கு (Temperature gradient) இணையான திசையில் உள்ள ஒரு காந்தப்புலம் ஒரு மின் இயக்குவிசையைத் தோற்றுவிக்கிறது எனவும், இந்த மின் இயக்குவிசை சீராக அதிகரித்துச் சூடானமுனை கியூரிநிலையைத் தாண்டிய உடனேயே ஒரு மாறு மதிப்பை அடைகின்றது எனவும் கண்டார். உண்டான மின் இயக்குவிசை (e.m.f.) முனைகளின் வெப்பநிலையில் இருந்த மாறுபாட்டையே பொறுத்திருந்தது ; புலம் மாறுதிருந்த வரையில் இதன் மதிப்பும் மாறவில்லை. இந்த விளைவு அயக்காந்தக் காந்த ஏற்றத்தின் திருப்பவல்ல பகுதியுடன் தொடர்புபடுத்தப்படுகின்றது.

கொள்கை ஆராய்ச்சிகள் : மேற்கண்ட ஆய்வினால் கிடைத்த விவரங்களுக்கு நம்பத்தக்க கொள்கை விளக்கங்கள் கொடுப்பதற்கு எடுத்துக்கொண்ட முயற்சிகள் காந்தத்தின் உள்ளார்ந்த தன்மையினைப் பற்றிய நமது அறிவைப் படிப்படியாக வளர்த்தன. பௌதிகத்தின் மற்றப் பிரிவுகளில் உள்ளது போல இங்கும் சொல்லப்பட்ட கொள்கைகள் பொருளின் நெருங்கிய கட்டமைப்பை விரித்துரைக்கும் முன்னேற்றங்களை அடி ஒற்றியே செல்கின்றன. இந்த நிலையில், தொன்மை எலெக்ட்ரான் கொள்கையின் அடிப்படையிலே விளக்குவதுடன் நிறுத்திக்கொள்வோம். இதற்கு மேற்சென்ற நுட்பமானவற்றைப் பின்னர் ஆங்காங்கு ஏற்ற இடங்களில் காண்போம்.

குறுக்குக் காந்தத்திற்கு லாஞ்சுவின் கொள்கை : ரசாயனத் தனிமத்தின் இறுதிப் பிரதிநிதியான அணு, சிக்கலான தடங்களில் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களை உடையது. சுற்றும்

எலெக்ட்ரான் ஒரு மின்னோட்டத்திற்குச் சமமாதலாலும், மூலக் கூறுகள் அணுக்களால் ஆனவையானதாலும் வெப்பர் (Weber) அடிக்கோளாகக் (postulate) கூறிய உள்ளார்ந்த மூலக்கூறுகளின் ஓட்டங்களை (Intrinsic molecular current) உடனடியாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். மேலும், முற்றுப்பெற்ற ஒரு சுற்றில் (closed circuit) பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு காந்த ஓட்டிற்குச் (magnetic shell) சமமானதால், காந்த நிகழ்ச்சிகளைச் சுற்றும் எலெக்ட்ரான்களின் அடிப்படையில் விளக்கலாம். பல அணுக்களில் மிகப்பல எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன. அணுமுழுவதுமாகத் தொகுபயனுன (resultant) ஒரு காந்த நெம்புதிறன் பெறக்கூடிய வகையில் இந்த எலெக்ட்ரான் தடங்களின் திசைகள் அமைந்திருக்கலாம். தடங்கள் சமச் சீரில்லாமலும், அதனுல் ஒன்றையொன்று சமன்செய்து கொள்ள முடியாமலும் இருந்தால் அணு மேற்கண்ட காந்த நெம்புதிறனைப் பெறும். இதுதான் இயல்காந்தப் பொருள்கள் நிலையான காந்த நெம்புதிறன் பெற்றிருப்பதற்குக் காரணம். ஓர் இயல்காந்தப் பொருளின்மீது ஒரு காந்தப்புலம் தொழிற்படும்போது, அதன் அணுக்கள் காந்தப்புலத்தின் திசைக்குச் சுழன்று வருகின்றன. இதனுல் காந்தத் தூண்டுதல் அதிகரிக்கின்றது.

மாருக, அணு முழுமையாகத் தொகுபயனுன ஒரு காந்த நெம்புதிறனைப் பெருத வகையில் எலெக்ட்ரான் தடங்கள் அமைந்துவிட்டால், அதன்மீது தொழிற்படும் காந்தப்புலம் அணுவினைச் சுழற்றுது. ஆனுல், எலெக்ட்ரான் தடங்களின்மீது புலத்தினுடைய ஆட்சியினுல் ஒரு சிறு விளைவு உண்டாகும். இதனுல், காந்தப்புலத்திற்கு எதிரான திசையில் தூண்டப்பட்ட காந்த நெம்புதிறன் (induced magnetic moment) தோன்றுகிறது. எனவே, இது காந்தத் தூண்டுதலை (magnetic inductions) குறைக்கின்றது. இத்தகைய அணுக்களால் அல்லது மூலக்கூறுகளால் உருவாகும் பொருள்கள் குறுக்குக் காந்தமுடையன.

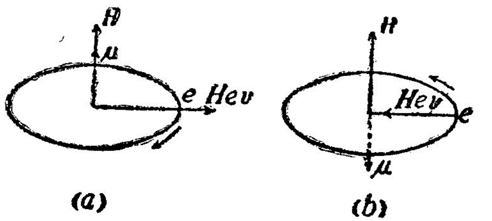
இத்தகைய ஓர் அடிப்படையில் 1905-ல் லாஞ்ச்வினுல் (Langevin) குறுக்கு-இயல்காந்தங்களுக்கு அளவறி (quantitative) விளக்கம் ஒன்றனைக் கொடுக்க முடிந்தது. முதலில் குறுக்குக் காந்தத்தைப்பற்றிப் பார்ப்போம்.

அணுவின் கருவினைச் சுற்றி வட்டமான ஒரு தடத்தில் இயங்கும் ஒரு தனி எலெக்ட்ரானை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் பொருண்மை m எனவும், அதன் மின்னேற்றம் e எனவும், அதன் தடத்தின் ஆரம் r எனவும், அதன் நேர்கோட்டு வேகம் (linear velocity) v எனவும், கோணவேகம் (angular velocity) ω எனவும் கொள். எலெக்ட்ரான், நடுவிலுள்ள நேர்மின்னேற்றமுடைய

அணுக்கருவின் ஈர்ப்புவிசை Fஆனது மையம் விட்டோடும் விசையால் (centrifugal force) சமன்செய்யப்படுவதால் வட்டப் பாதையில் சுற்றிவருகின்றது. எனவே,

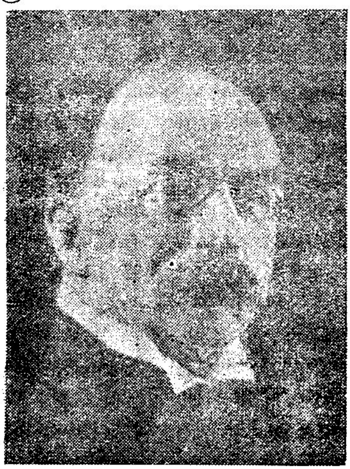
$$F = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 \qquad \ldots\ldots (1)$$

தொழிற்படுத்தப்படும் புலத்தின் செறிவு H எனக் கொள். எளிமைக்காக இப்புலம் எலெக்ட்ரான் தடத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் இருப்பதாகக் கொள் (படம் 27). இந்தப் புலத்தினுல் சுழலும் எலெக்ட்ரான் (இது ஒரு மின்னேட்டத்திற்குச் சமம்) Hev எனும் விசைக்குட் படுத்தப்படுகிறது, இந்த விசை ஆரத்தின் வழியாக இருக்கும். இதன் திசை, புலத்தின் திசையையும்



படம் 27.

எலெக்ட்ரான் சுழலும் திசையையும் பொறுத்திருக்கும். படத்தில் காட்டியுள்ளபடி புலத்தின் திசை இருக்கும்போது, எலெக்ட்ரான் வலஞ்சுழியாக (clockwise) இயங்கினுல் (படம் 27 a) ஃப்ளமிங் கினுடைய இடக்கை விதியைக் (Fleming's left hand rule) கையாள Hev எனும் விசை வெளிப்புறம் நோக்கி இருக்கும்; எலெக்ட்ரான் இடஞ்சுழியாகச் (anti clockwise) சுற்றினுல் Hev எனும் விசை உட்புறம் நோக்கி இருக்கும்.



பேராசிரியர் லா(ர்)மர்

பேராசிரியர் லா(ர்)மர் (Prof. Larmor), தொழிற்படுத்தும் புலத்தின் விளைவால் எலெக்ட்ரான் தடம் அதன் உருவத்தில் மாறுதல் ஏதும் இல்லாமல் முந்துகை இயக்கத்திற்கு (precessional motion) உள்ளாகின்றது எனக் காட்டியுள்ளார். இது லா(ர்)மர் முந்துகை (Lormor precession) எனப்படும். இத்தகைய இயக்கத்தால் கோணவேகம் மாறுகின்றது.

$\delta\omega$ என்பது கோணவேகத்தில் மாறுதலானுல், எலெக்ட்ரான் வலஞ்சுழியாக (clockwise) சுற்றுவதாகக் கொள்ளும்போது, அதே தடத்தில் நிலையான இயக்கத்திற்கான நிபந்தனை கீழுள்ள தொடர்பால் கிடைக்கிறது.

$$F = Hve = m(\omega + \delta\omega)^2 r \qquad \ldots\ldots (2)$$

$F = m\omega^2 r$-ம் $v = \omega r$-ம் ஆனதால்

$$m\omega^2 r - He\omega r = m\omega^2 r + 2m\omega\delta\omega r.$$

இங்கே, ω உடன் ஒப்புநோக்க (δω) சிறியதாகையால் $(\delta\omega)^2$ ஐ உள்ளிட்ட உறுப்புகள் மிகச் சிறிதெனப் புறக்கணிக்கப்பட்டுள்ளன.

$$\therefore \quad \delta\omega = -\frac{He}{2m} \qquad \ldots\ldots (3)$$

லா(ர்)மர் முந்துகையால் (Larmor precession) கோணவேகத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் எலெக்ட்ரான் சுழலும் திசைக்கு எதிரிடையாக இருக்கும் என்பதனை எதிர்க்குறி காட்டுகின்றது.

கோணவேகத்தின் இந்த மாறுதல் காந்த நெம்புதிறனில் ஒரு மாற்றத்தை உண்டாக்குகிறது. இதனைக் கீழுள்ளவாறு வருவிக்கலாம்.

ஒரு வட்டப்பாதையில் விநாடிக்கு n சுற்றுகள் எனும் வீதத்தில் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் e மின்னேற்றம் ne மின்னோட்டத்திற்குச் சமம். வட்டத்தின் பரப்பு a ஆனால், ஆம்பியர் தேற்றத்தின்படி (Ampere's theorm) எலெக்ட்ரான் தடத்தின் காந்த நெம்புதிறன் nea ஆகும். $n = \frac{\omega}{2\pi}$ ஆனதால் n ஆனது ω-க்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். கோணவேகத்தின் δω என்னும் மாற்றத்தின் காரணமாகக் காந்த நெம்புதிறனில் ஏற்படும் மாற்றமான δμ என்பதைப் பின்வருமாறு பெறலாம்.

$$\delta\mu = e \cdot a \cdot \delta n = e \cdot a \cdot \left(\frac{\delta\omega}{2\pi}\right)$$

$$= e \cdot (\pi r^2) \cdot \left(-\frac{He}{4\pi m}\right)$$

$$= -\frac{He^2 r^2}{4m} \qquad \ldots\ldots (4)$$

காந்த நெம்புதிறனின் இந்த மாற்றம், எலெக்ட்ரான் வலஞ்சுழியாகவோ இடஞ்சுழியாகவோ இயங்கினாலும் எப்பொழுதும் புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையிலேயே இருக்கும். எலெக்ட்ரான் தடத்தில் இயங்கும் திசையைத் திருப்பினால் அதன்மீது தொழிற்படும் லாப்லாஸ் விசையின் திசையும் திரும்புவதே இதற்குக் காரணம். இது குறுக்குக் காந்தத்தின் உள்ளார்ந்த தன்மையினை வெளிப்படுத்துகிறது. அ-து., குறுக்குக் காந்தம் ஆனது ஒரு தூண்டப்படும் விளைவே. இவ்விளைவு தூண்டும் புலத்திற்கு எதிரிடையாகவே எப்பொழுதும் இருக்கும்.

குறுக்குக்காந்த காந்த ஏற்புத்திறனுக்கு ஒரு கோவையினை இப்பொழுது கீழ்க்கண்டவாறு வருவிக்கலாம் :

Z அணுவெண்ணுடைய ஓர் அணுவில், Z எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன ; எனவே Z தடங்களைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொள்ள வேண்டும். ஓர் அணுவின் காந்த நெம்புதிறன் மாற்றம் ஒரு தனி எலெக்ட்ரானுக்குப் பெற்றதைப் போல (4 ஆவது சமன்பாட்டில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது) Z மடங்கு இருக்கும். எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒரே வட்டத்தடத்தில் சுற்றும் என்று சொல்வதற்கில்லை. ஆனதால், அவற்றின் விளைவுகளைக் கூட்டிப் பார்க்கும்போது r^2-ன் இடத்தில் ஏற்ற ஒரு சராசரி மதிப்பு R^2 ஐ இடவேண்டும். மேலும், எல்லாத் தடங்களும் புலத்தின் திசைக்குச் செங்குத்தாகவே இரா ; ஆனால், பல கோணங்களில் சாய்ந்திருக்கும். தடங்கள் புலத்தைச் சார்ந்து இருக்கக்கூடிய எல்லா நிலைகளிலும் தடம் இருக்கிறது எனக்கொண்டு மேலும் குறுக்குக் காந்தம் வட்டச் சமச்சீருடையது (spherical symmetry) என்பதனையும் கணக்கிலெடுத்துக் கொண்டு R^2-க்குப் பதில் $\frac{2}{3}$ R^2 ஐப் பயன்படுத்தவேண்டும் எனக் காட்டலாம்.

எனவே, அணுவின் மொத்தக் காந்த நெம்புதிறனைக் கீழ்க்கண்ட தொடர்பு கொடுக்கிறது :

$$\delta\mu_{At} = -\frac{ZHe^2}{4m} \times \frac{2}{3} R^2.$$

$$= -\frac{1}{6} \frac{NHe^2R^2}{m}$$

ஒரு கிராம் அணுவின் காந்த நெம்புதிறன்

$$\delta\mu_A = -\frac{1}{6} \frac{NZHe^2R^2}{m}$$

இங்கே N என்பது அவாகாட்ரோவின் எண் (Avogadros Number),

இப்போது குறுக்குக் காந்தப் பொருளின் கன-காந்த ஏற்புத்திறனை (Volume susceptibility) உடனடியாகப் பெறலாம்.

காந்த ஏற்றச் செறிவு I என்பது ஓர் அலகு பருமனின் காந்த நெம்புதிறன் ஆனதால்,

$$I = \delta\mu = -\frac{1}{6} \frac{NZHe^2R^2}{m} \cdot \frac{\rho}{A}$$

இங்கே ρ என்பது பொருளின் அடர்த்தி, A என்பது அதன் அணு எடை.

$$\therefore \quad K = \frac{I}{H} = -\frac{1}{6}\frac{\rho}{A} \cdot \frac{NZe^2R^2}{m} \qquad \ldots\ldots (5)$$

ஓர் அலகு பொருண்மைக்குக் குறிப்பிடப்படும் பொருண்மை காந்த ஏற்புத்திறனை χ (mass suscestibility),

$$\chi = \frac{I}{\rho H} = -\frac{1}{6} \cdot \frac{N}{A} \cdot \frac{ZeR^2}{m} \qquad \ldots\ldots (6)$$

என்பது கொடுக்கிறது.

அணுக் காந்த ஏற்புத்திறன் (Atomic susceptibility) χ_A' ஐப் பற்றிப் பார்ப்பது எளிது. ஓர் அலகு பருமனில் ஒரு கிராம் அணுப் பொருள் இருந்தால் அதன் காந்த ஏற்புத்திறனே அணு காந்த ஏற்புத்திறன் எனப்படும்.

$$\chi_A' = \frac{\delta\mu_A}{H} = -\frac{1}{6} \cdot \frac{NZe^2R^2}{m} \qquad \ldots\ldots (7)$$

மேலே விவரிக்கப்பட்ட கொள்கை கரைசல்களில் அல்லது இடப்பொருள்களில் உள்ள அணுக்கள் அல்லது அயனிகள் போன்ற அணுக்களை அல்லது அயனிகளைச் சுதந்தரமானவையாகக் கருதப் கூடிய அமைப்புகளுக்கு—இவை ஒற்றைக்கரு அமைப்புகள் எனப் படும்—மட்டிலுமே பொருந்தும். மூலக்கூறுகளுக்கு அ-து., ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட விசை மையங்களையுடைய அமைப்புகளுக்கு R^2 தன் மதிப்பை இழந்துவிடுகிறது.

மேற்கண்ட தொடர்புகளை நுணுகி ஆராய்ந்தால் கீழுள்ள முடிவுகள் கிடைக்கின்றன :

(i) காந்த ஏற்புத்திறன்களுக்கான கோவைகள் (5, 6, 7) வெப்பநிலையையும், புலத்தின் செறிவையும் சாராதவை. உப்புக் கரைசல்களிலுள்ளது போன்ற அயனநிலையிலுள்ள பொருள் களுக்கும் மந்த வாயுக்களில் உள்ளதுபோல, சுதந்திர அணு நிலையிலுள்ள பொருள்களுக்கும், செய்த சோதனைகள் வாயிலாகக் கிடைத்த முடிவுகளை இது ஒத்திருக்கிறது. குறுக்குக் காந்தம் அணு இடை நிகழும் விளைவானதால் (intra atomic effect) வெப்ப நிலையைச் சாராதிருக்க வேண்டுமென எதிர்பார்ப்பது நியாய மானதே. ஏனெனில், மூலக்கூறுகள் அல்லது அணுக்கள் முழுமையாக மோதலினால் ஏற்படும் நிகழ்ச்சி என விவரிக்கப்படுகின்ற வெப்பக்கிளர்ச்சி (Thermal agitation) மூலக்கூறுகள் அல்லது அணுக்களின் உள்ளே நிகழும் விளைவுகளில் எவ்வித ஆட்சியும் செலுத்தமுடியாது எனினும், அணுவின் குவாண்டம் தடஉருப் படிவப்படி (quantum orbital model of the atom) மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் அணுவானது கதிர் வீசும்போது எலெக்ட்-

ரான்கள் ஒரு தடத்திலிருந்து மற்றொன்றிற்குக் குதிக்கின்றன. அத்தகைய வெப்பநிலைகளில் குறுக்குக் காந்தம் வெப்பநிலைகளால் மாறுகின்றது. காந்த ஏற்புத்திறன் புலத்தின் செறிவைச் சாரா திருக்கும் தன்மையைத் தூண்டப்படும் காந்தம் I (Induced magnetism) தூண்டும் புலத்திற்கு H (Inducing field) நேர்விகிதத்தில் மாறுகின்றது என்பதிலிருந்து கண்டுகொள்ளலாம். தூண்டும் புலத்தின் மதிப்பிற்கு, நிறைநிலையைக் காட்டும் அயல் காந்தத்தி லுள்ளதைப்போல இங்கே ஒரு வரம்பு இல்லை.

(ii) இந் நிகழ்ச்சியின் இடைத் (Intra-atomic) தன்மையானது காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் (X/Z) அணு எண்ணுக்கும் (Z) இடையே வரையப்படும் வரைபடத்தில் காணப்படும்; நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட காலாந்தரப் பண்புகளையும் விளக்குகின்றன. தனிமங்களுக்கிடையே காணப்படும் காலாந்தரப் பண்புகள் அவற்றின் குறுக்குக் காந்த ஏற்புத் திறன்களில் பிரதிபலிக்க வேண்டுமென்பது இயற்கையே.

(iii) குறுக்குக் காந்தத்திற்கான எல்லாத் தொடர்புகளிலும் உள்ள எதிர்க்குறி இந்த அளவு எதிர்மறை மதிப்புடையது என்பதனைக் காட்டுவதோடு மட்டுமல்லாது குறுக்குக் காந்த மானது ஒரு தூண்டப்பட்ட எதிர்க்கும் விளைவே என்பதனையும் புலத்தை அகற்றியவுடன் இந்த எதிர்விளைவும் மறைந்து விடு கிறது ($H = 0$ ஆகும்போது $\delta\mu = 0$) என்பதனையும் காட்டு கிறது.

(iv) ஓர் அணுவிலுள்ள ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரான் தடமும் தொழிற்படுத்தப்படும் புலத்திற்கு எதிர்த்திசையில் கூடுதலான தூண்டப்பட்ட நெம்புதிறனைப் பெறுமாதலால் முழுமையான அணுவின் நெம்புதிறனும் அதே திசையில் மாறும். தொகுபயனை அணுவின் ஆரம்ப நெம்புதிறன் சுழியாக இருந்தாலும் இல்லா விட்டாலும் இந்த மாற்றம் ஏற்படும். இயல்காந்தப் பொருள் களில் இயல்காந்தத்திற்கேற்ற தடங்களின் அமைப்பினால் ஏற்படும் விளைவு மிகத் தீவிரமான புலங்களில் மிகச் சிறிதாக இருக்கும். குறுக்குக் காந்தத் தூண்டுதல் விளைவை மூடி மறைத்தாலும் எல்லாப் பொருள்களும் குறுக்குக் காந்தப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டும் என இது பொருள்படும். பொதுவாக, காந்தமாக்கும் செயல்முறையில் குறுக்குக் காந்தத் தூண்டுதல் (diamagnetic induction) இயல்காந்த வைப்புமுறை (paramagnetic orientation) ஆகிய இரண்டும் ஒன்றோடு ஒன்று சேர்ந்து விளைவையுண்டாக்கு கின்றன. இயல்காந்தப் பொருள்களில், பிந்திய செயல் மேம்பட் டிருக்கிறது; குறுக்குக் காந்தப் பொருளில் முதலாவது மேம்

பட்டிருக்கிறது. தனிமநிலையில் (element state) இயல்காந்தங்களாக அல்லது அயக்காந்தங்களாகக்கூட இருக்கும் சில பொருள்கள் குறுக்குக் காந்தக் கூட்டுப் பொருள்களை ஏன் உருவாக்குகின்றன என்பதனையும் இது விளக்குகிறது. ஏனெனில், அணு நிலையில் சமநிலைப்படுத்தப்படாத தடங்கள் அரிய வாயுக்களின் (rare gas) எலெக்ட்ரான் அமைப்பையுடைய கூட்டுப்பொருள் உருவாகும்போது சமநிலைப்படுத்தப் பெறலாம்.

எல்லாப் பொருள்களிலும் காணப்படும் குறுக்குக் காந்த விளைவினைப் பொருளின் உள்ளார்ந்த ஒரு பண்பு எனக் கருதலாமா என்கின்ற பிரச்சினையை எழுப்புவது நியாயமே. இதற்கு எதிர்மறையிலேயே விடை கிடைக்கும் என்பது தெளிவு. குறுக்குக் காந்தம் பொருளின் ஒரு தனிப் பண்பன்று; ஆனல், புறச் செயலி ஒன்றினல் தாற்காலிகமாகத் தூண்டப்படும் ஒன்றே. குறுக்குக் காந்தத்தைப் பொருள்களின் உள்ளார்ந்த பண்பாகக் கருதவேண்டும்.

(v) அணு-காந்த ஏற்புத்திறனுக்கான கோவை (7) முன் மொழியப்பட்ட கொள்கை செல்லுபடியாகுமா இல்லையா என்பதனைச் சோதிக்க ஒரு வழியைக் கொடுக்கிறது. அத் தொடர்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு மாற்றி அமைக்க

$$\chi_A = -\left(\frac{1}{6}\right)\cdot\left(\frac{e}{m}\right).Z.Ne.R^2,$$

இங்கே Ne என்பது ஒரு கிராம் அயனியினுடைய மின்னேற்ற மானதால் 9650 மி.கா.அ.-க்குச் சமம் (இம் மதிப்பு மின்னாற் பகுப்பில் கண்டறியப்பட்டது); $\frac{e}{m}$ என்பது எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்ற எண் $1{\cdot}77 \times 10^7$ மி.கா.அ. இம் மதிப்புகளை மேற்கண்ட தொடர்பில் பதிலிட, அணுவின் ஆரத்தினது இருபடியின் சராசரிக்கு

$$R^2 = -6 \times \frac{1}{1{\cdot}77 \times 10^7 \times 9650} \times \frac{\chi_A}{Z}$$ என்பது கிடைக்கிறது.

$$\therefore R^2 = -0{\cdot}35 \times 10^{-10} \times \left(\frac{\chi_A}{Z}\right)$$

ஆய்வுகளால் அளக்கப்பட்ட சில தனிமங்களின் காந்த ஏற்புத் திறன்களைப் பயன்படுத்திக்கொள்ள கீழ்க்கண்ட முடிவுகளைப் பெறுகிறோம் :

தனிமம்	Z	χ_A	R
He	2	-1.9×10^{-6}	$0{\cdot}57 \times 10^{-8}$ செ.மீ.
N	7	-6.0×10^{-6}	$0{\cdot}55 \times 10^{-8}$,,
Cu	29	-18×10^{-6}	$0{\cdot}47 \times 10^{-8}$,,
Ag	47	-31×10^{-6}	$0{\cdot}48 \times 10^{-8}$,,

இவ்வகையில் கணக்கிடப்பட்ட அணுவின் ஆரங்கள் இயக்கக் கொள்கையில் கிடைத்த மதிப்புகளின் வரிசையிலேயே உள்ளன (கிட்டத்தட்ட 10^{-8} செ.மீ.). ஒரே தனிமங்களின் அட்டவணையில் ஒரே நிலைக்குத்துப் பத்தியிலுள்ள (vertical column) தனிமங்களினது R^2-ன் மதிப்பு அநேகமாக ஒன்றுகவே இருக்கவும் காணப்பட்டது. எனினும், இப்பொழுது பார்த்த இந்த முறை நாம் எடுத்துக்கொண்ட ஒவ்வொன்றிற்கும் சற்றுக் குறைவான மதிப்பையே கொடுக்கிறது என்பதனைக் கவனிக்கவேண்டும். கீழ்க் கண்ட உண்மையினைக் கொண்டு இதனை விளக்கலாம். அணுக் களுக்கு, அதிலும் சிறப்பாக உயர்ந்த அணுவெண்களுடைய Cu, Ag போன்றவற்றின் பல தடங்கள் (orbits) அணுவின் உள்ளே மிகுந்த ஆழத்தில் உள்ளன ; அதனுல் R-ன் சராசரி மதிப்பு இயக்கக் கொள்கையால் கிடைப்பதைவிடக் குறைவாகத் தான் இருக்கவேண்டும்.

கொள்கை ஊகித்துக் கூறியவை சோதனை முடிவுகளுடன் மிகவும் ஒத்திருப்பது, தனித்தனி எலெக்ட்ரான் தடங்களில் தொழிற்படுத்தப்பெறும் காந்தப்புலத்தின் ஆட்சியின்கீழ்த் தூண் டப்படும் விளைவின் அடிப்படையில் அமைந்த குறுக்குக் காந்தக் கொள்கை சரியானதே என்பதனைக் காட்டுகிறது. ஆனுல், விளக்கப்படவேண்டியவை பல உள்ளன. மேலும் பல சோதனை விவரங்கள் தேவைப்படுகின்றன. காட்டாக, நிலையும் கட்ட மைப்பும் மாறுவதற்கேற்ப காந்த ஏற்புத்திறனில் உண்டாகும் மாற்றங்களின் திருத்தமான அளவீடுகள் மிகச் சிலவே உள்ளன.

இயல் காந்தத்திற்கு லாஞ்ஜ்வின் கொள்கை: லாஞ்ஜ்வின் குறுக்குக் காந்தத்திற்கு இயக்கக் கொள்கையின் (Kinetic theory) அடிப்படையில் ஒரு கொள்கை விளக்கத்தினை முன்மொழிந்தார். அதனைக் கொண்டு கியூரி விதிபோன்ற ஆய்வு முடிவுகளை மெய்ப்பிக்கக்கூடிய கணியத் தொடர்புகளைத் (quantitative relations) இயல்காந்த வாயுவிற்குப் பெற்றார்.

இயல்காந்த வாயுவின் மூலக்கூறுகள் சுழலுகின்ற எலெக்ட்ரான்களால் உண்டாகும் சிறிய நிலைக்காந்தங்களெனத் தற்புனைவாகக் கொள்ளப்படுகின்றன. புறக் காந்தப்புலம் (external magnetic field) இல்லாதபோது மூலக்கூறுகளின் காந்த அச்சுகள் (magnetic axes) எல்லாத் திசைகளிலும் பரவலாக உள்ளன. அதனால் எந்த ஓர் ஆதாரக் கோட்டின் (reference line) மீதும் நெம்புதிறன் கூறுகளின் (elementary moments) எறிவுகளினது (projections) கூட்டுத்தொகை சுழியாக இருக்கும். இப்போது ஒரு காந்தப் புலத்தைத் தொழிற்படுத்தினால் மூலக்கூறுகள் அவற்றின் காந்த அச்சுகள் புலத்தின் திசையில் இருக்குமாறு திரும்பி நிற்க முயலும். எனினும், வெப்ப இயக்கத்தினால் மூலக்கூறுகளிடையே ஏற்படும் மோதல்களால் இந்த விளைவுக்கு எதிர் விளைவு உண்டாகும். இதனால் மூலக்கூறுகளின் அச்சுகள் புலத்தின் திசையிலிருந்து பிறழும். இதன் விளைவாகப் புலத்தின் திசையைப் பொறுத்து அச்சுகள் பங்கிடப்பெற்று ஒரு சமநிலை உண்டாகும். இச் சமநிலைப் பங்கீட்டை வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கையின் துணைகொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம்.

இங்கே பயன்படுத்தப்பெறும் இயக்கக் கொள்கையின் இரு தத்துவங்களாவன: (i) ஒரு குறிப்பிட்ட ஆதாரக் கோட்டிற்கு (line of reference) θ கோணத்தில் சாய்ந்திருக்கும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை $\sin\theta\, d\theta$-க்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். (ii) ஆற்றலின் சமப் பங்கீட்டு விதியின் (law of equipartition of energy) அடிப்படையில் பார்த்தால் W நிலைஆற்றல் (potential energy) உடைய மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை $e^{-W/kT}$-க்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். இங்கே k என்பது மூலக்கூறுகளின் வாயு எண் (molecular gas consant), T என்பது தனிமுதல் வெப்பநிலை.

எல்லா மூலக்கூறுகளுக்கும் சமமதிப்புடையது எனக் கொள்ளப்படும் மூலக்கூறின் காந்த நெம்புதிறன் (molecular magnetic

moment) μ ஆகவும், தொழிற்படுத்தப்படும் சீரான புலத்தின் செறிவு H ஆகவும் இருந்தால் ஒவ்வொரு மூலக்கூறு காந்தத்தின் காந்த–நிலை ஆற்றல் (magnetic potential energy) $-\mu H \cos\theta$ என்பதால் கொடுக்கப்படுகின்றது. இங்கே θ என்பது மூலக்கூறு காந்தத்தின் அச்சிற்கும் புலத்தின் திசைக்குமிடையேயுள்ள கோணம்.

ஓர் அலகு பருமனுள்ள வாயுவினை எடுத்துக்கொள். அதிலுள்ள N மூலக்கூறுகளில் dN மூலக்கூறுகளின் காந்த அச்சுப் புலத்தின் திசைக்கு θ கோணத்தில் சாய்ந்திருந்தால், மேலே கூறிய இயக்கக் கொள்கையின் இரு தத்துவங்களைக் கையாள,

$$dN = C.\ e^{\mu H \cos\theta/kT}.\sin\theta\ d\theta$$

என்பதனைப் பெறுகிறோம். இங்கே C என்பது ஒரு மாறிலி.

$\frac{\mu H}{kT}$-க்குப் பதில் a ஐப் போட,

$$dN = C.e^{a\cos\theta}.\ \sin\theta\ d\theta \qquad \ldots\ldots (1)$$

இருக்கக்கூடிய நிலைகள் யாவும் 0-க்கும் π-க்கும் இடையே இருப்பதால்,

$$N = \int_0^\pi dN = \int_0^\pi C\cdot e^{-a\cos\theta}.\ \sin\theta\ d\theta \qquad \ldots\ldots (2)$$

இந்தத் தொகுப்புக் கோவையின் (integral) மதிப்பைக் கணக்கிடுவதற்கு, $\cos\theta = x$ எனக் கொள். எனவே, $\sin\theta\ d\theta = -dx$. இந்தப் புதிய மாறும் அளவை எடுத்துக்கொள்ள,

$$N = \int_{+1}^{-1} C.\ e^{ax}.(-dx) = \int_{-1}^{+1} C.\ e^{ax}.\ dx.$$

$$= C\left[\frac{e^{ax}}{a}\right]_{-1}^{+1} = \frac{C}{a}\left(e^{a} - e^{-a}\right)$$

$$\therefore\quad C = \frac{Na}{\left(e^{a} - e^{-a}\right)} \qquad \ldots\ldots (3)$$

ஓர் அலகு பருமனின் காந்த நெம்புதிறன் என வரையறுக்கப் படும் காந்த ஏற்றச் செறிவு Iஐக் கீழ்க்கண்டவாறு வருவிக்கலாம்:

dN மூலக்கூறுகளில் ஒவ்வொன்றினது காந்த நெம்புதிறனையும் புலத்தின் திசையில் பகுக்கக் கிடைக்கும் கூறு (component) $\mu \cos\theta$ ஆனதால் எல்லா dN மூலக்கூறுகளின் காந்த நெம்புதிறனின் தொகுபயன் புலத்தின் திசையில் $\mu \cos\theta \cdot d$N. எனவே, ஓர் அலகு பருமனில் உள்ள எல்லா மூலக்கூறுகளினுடைய (N) மொத்த காந்த நெம்புதிறன் (இது I-க்குச் சமம்),

$$I = \int_0^{\pi} \mu \cos\theta \cdot dN$$

ஆல் கொடுக்கப்படுகிறது.

$$I = \int_0^{\pi} \mu \cos\theta \cdot C \cdot e^{a\cos\theta} \cdot \sin\theta \, d\theta \qquad \ldots\ldots \quad (4)$$

இந்தத் தொகுப்புக் கோவையை (Integral) மதிப்பிடுவதற்காக, மாறும் அளவுகளைக் கீழ்க்கண்டவாறு மாற்ற,

$$I = C\mu \int_{-1}^{+1} x \cdot e^{ax} dx$$

பகுதி பகுதியாகத் தொகுக்க (Integrating by part),

$$I = C\mu \left\{ \frac{1}{a}(e^{a} + e^{-a}) - \frac{1}{a^2}(e^{a} - e^{-a}) \right\}$$

(3)ஆவதிலிருந்து e-ன் மதிப்பைப் பதிலிட,

$$I = \frac{Na}{(e^{a} - e^{-a})} \mu \left\{ \frac{1}{a}(e^{a} + e^{-a}) - \frac{1}{a^2}(e^{a} - e^{-a}) \right\}$$

$$= \mu N \left\{ \frac{e^{a} + e^{-a}}{e^{a} - e^{-a}} - \frac{1}{a} \right\}$$

$$= \mu N (\coth a - 1/a).$$

இங்கே coth a ஒரு கந்தழிச் சார்பு (hyperbolic function).

எல்லா மூலக்கூறுகளும் காந்தமாக்கும் புலத்தின் திசையில் திரும்பி இருக்கும்போது, ஓர் அலகு பருமனின் காந்த நெம்புதிறனை μN குறிக்கிறது ; எனவே, இது I-ன் நிறைநிலை மதிப்பைக் கொடுக்கும்.

இந்த நிறைநிலை மதிப்பை I_s எனக் குறிக்க,

$$I = I_s (\coth a - 1/a) \qquad \ldots\ldots \quad (5)$$

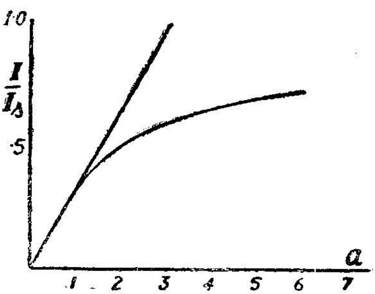
I_s எனும் அளவு ஒரு மாறிலி. இது வாயுவின் தனித்தன்மை வாய்ந்தது. இது எப்போதும் I ஐ விடப் பெரிதாகவே இருக்கும்.

$$\frac{I}{I_s} = \left(\coth\ a - \frac{1}{a}\right) = L\ (a)$$

L (a) என்பது லாஞ்ஜ்வின் சார்பு (Langevin function) எனப்படும்.

இத் தொடர்பு லாஞ்ஜ்வின் கோடு (Langevin curve) எனப்படும். ஒரு வளைகோட்டினால் வரைபடமாகக் குறிக்கலாம். a-க்குப் பல மதிப்புகளை மனப்போக்காக எடுத்துக்கொண்டு அவற்றிற்கிசைந்த $(\coth a - \frac{1}{a}) = \frac{I}{I_s}$-ன் மதிப்புகளைக் கணக்கிடலாம்.

இவ்விரண்டிற்குமிடையில் ஒரு வரைபடம் வரைய, படம் 28-ல் காட்டியுள்ளது போல் ஒரு வளைகோடு கிடைக்கிறது. இதில் கீழ்க்கண்டவற்றைக் கவனிக்க வேண்டும். (i) a-ன் மதிப்பு வரம்பிலியை (infinity) நெருங்க நெருங்க $\frac{I}{I_s}$ -ன் மதிப்பு ஒன்றை நெருங்குகிறது. (ii) வளைகோட்டின் ஆரம்பப் பகுதி (அ-து., a-ன் சிறிய மதிப்புகளுக்கானது) கிட்டத்தட்ட நேர்கோடாக இருக்கிறது. இந் நேர்கோட்டுப் பகுதி வளைகோட்டிற்கு ஆதியில் (origin) வரையப்படும் தொடுகோட்டோடு ஒன்றிவிடுகிறது. வளைகோட்டின் இந்த இரண்டாவது தற்சிறப்புப் பண்பு நடைமுறைக் கண்ணோட்டத்தில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. ஏனெனில், $a = \frac{\mu H}{kT}$ சிறிதென்றால் kT யோடு ஒப்பிட μH சிறிதெனப் பொருள்படும்.



படம் 28. லாஞ்ஜ்வின் கோடு

வழக்கமாகப் பேரளவு உயர்ந்த புலங்களில் அல்லது மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் தவிர இது இவ்வாறுதான் உள்ளது. எனவே, எல்லா நடைமுறைத் தேவைகட்கும் a-ன் சிறிய மதிப்புகட்கிசைந்த லாஞ்ஜ்வின் கோட்டின் ஆரம்பப் பகுதியை எடுத்துக் கொண்டு பார்த்தல் போதுமானது.

a சிறிதாக இருக்கும்போது, $\left(\coth a - \frac{1}{a}\right) = \frac{a}{3}$

$$\frac{I}{I_S} = \frac{a}{3} = \frac{\mu H}{3kT} \qquad \ldots (6)$$

காந்த ஏற்புத் திறனுக்கு ஒரு கோவையினை இப்போது உடனடியாகப் பெறலாம்.

கன-காந்த ஏற்புத்திறன் $K = \frac{I}{H}$. (6)-லிருந்து

$$K = I_S.\ \frac{\mu}{3kT} = \mu\ N.\ \frac{\mu}{3kT} = \frac{\mu^2 N}{3kT} \qquad \ldots (7)$$

பொருண்மை-காந்த ஏற்புத்திறன் $\chi = \frac{K}{\rho}$. ஓர் அலகு பொருண்மையில் N_m மூலக்கூறுகள் இருந்தால் ஒரு மூலக்கூறின் பொருண்மை $\frac{1}{N_m}$; ஒரு மூலக்கூறின் பருமன் $\frac{1}{N}$. எனவே,

$$\rho = \frac{\text{மூலக்கூறின் பொருண்மை}}{\text{மூலக்கூறின் பருமன்}} = \frac{1/N_m}{1/N} = \frac{N}{N_m}$$

ρ-ன் இந்த மதிப்பினைப் பயன்படுத்த

$$\chi = \frac{K}{N/N_m} = \frac{KN_m}{N} = \frac{\mu^2.\ N.\ N_m}{N.\ 3k.T} = \frac{\mu^2.\ N_m}{3kT} \qquad \ldots (8)$$

முடிவுகளை விவாதிப்பதற்கு மிகுந்த பயனுடைய அளவாகிய மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத்திறனைக் கீழ்க்கண்டவாறு வருவிக்கலாம்.

ஒரு கிராம் மூலக்கூறிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை N_M (அவகாட்ரோ எண்) ஆனல், மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத்திறன் χ_M கீழுள்ளதால் கொடுக்கப்படுகிறது.

$$\chi_M = \frac{\mu^2.\ N_M}{3k \cdot T} = \frac{(\mu.\ N_M)^2}{3kN_M T} = \frac{\sigma_0^2}{3RT} \qquad \ldots (9)$$

இங்கே $\sigma_0 = \mu.\ N_M$; இது ஒரு கிராம்-மூலக்கூறின் காந்த நெம்புதிறனின் நிறைநிலை மதிப்பு; $R = k.N_M$; இது ஒரு கிராம்-

மூலக்கூறின் வாயு எண் (gas constant). இந்தக் கோவையே அணு-காந்த ஏற்புத்திறனுக்கும் பொருந்துவதனைக் கவனிக்க வேண்டும். அப்போது μ என்பது அணு-காந்த நெம்புதிறனாகவும், N_M என்பது ஒரு கிராம் அணுவிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையாகவும் இருக்கும்.

மேற்கண்ட தொடர்புகளைச் சற்றுக் கவனித்துப் பார்த்தால் கீழுள்ள முடிவுகள் கிடைக்கும் :

(i) கியூரி விதி : காந்த ஏற்புத்திறனுக்கான பல உருவத்தி லுள்ள கோவைகள் (7, 8, 9 ஆவது சமன்பாடுகள்) கியூரியின் சோதனை விதிக்கு முழுதும் ஒத்திருக்கின்றன. கன-காந்த ஏற்புத் திறன் $K = \frac{C}{T}$. இங்கே C என்பது $\frac{\mu^2 N}{3k}$-ன் இடத்தைக் கைக் கொள்ளும் ஒரு மாறிலி. இவ்வாறே பொருண்மைக் காந்த ஏற்புத் திறன் $X = \frac{C_m}{T}$. இங்கே $C_m = \frac{\mu^2 N_m}{3k}$. இது ஒரு மாறிலி. இதைப் போன்றே மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத்திறன் $X_M = \frac{C_M}{T}$. இங்கே $C_M = \frac{\sigma_0^2}{3R}$ = ஒரு மாறிலி. நிறைவு செய்யப்பட வேண்டிய ஒரே ஒரு நிபந்தனை $a = \frac{\mu H}{kT}$ சிறிதாக இருக்கவேண்டும். மிகத் தீவிரமான புலத்தை விட்டுவிட்டு மிகத்தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளைப் பயன் படுத்தும் முனைக்கொடி (extreme) நிலைகளில் இந்த நிபந்தனை உடனடியாகக் கிடைக்கிறது.

(ii) மூலக்கூறு காந்த நெம்புதிறன் : கியூரியின் மூலக்கூறு எண் (Curie's molecular constant) எனப்படும் அளவாகிய C_M ஐயும், σ_0ஐயும், அதனுல் கியூரி விதிக்குட்பட்டு நடக்கும் இயல் காந்தப் பொருளின் μ-வையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.

$C_M = \frac{\sigma_0^2}{3R}$ எனும் தொடர்பை எடுத்துக்கொள்ள

$$\sigma_0 = \sqrt{3RC_M}$$

$$\therefore \quad \mu = \frac{\sigma_0}{N_M} = \frac{\sqrt{3RC_M}}{N_M}$$

லாஞ்ஜ்வின் கொள்கையின் தொன்மை இயல்பு : இப் பிரச்சினையை லாஞ்ஜ்வின் அணுகிய முறை தொன்மை முறையாகும். ஏனெனில், ஒரு மூலக்கூறு காந்தத்தின் எல்லா ஒப்பீட்டு வைப்புகளும் (orientations) இருக்கக்கூடும் எனவும், தொழிற்படுத்தும் புலத்தில் எல்லா மதிப்புகளும் இருக்கக்கூடும் எனவும் அவர் தற்புனைவாகக் கொண்டார். அவர் கொள்கையினைப் பார்த்தபோது சாதாரண நிலைகளில் a-ன் மதிப்பு சிறிதெனக் கண்டோம். இப்போது a சிறிதாக இருக்குமானால், $e^{a\cos\theta}$-ன் மதிப்புத் தோராயமாக $1 + a\cos\theta$-க்குச் சமம். அப்போது,

$$I = \int_0^\pi C\mu\cos\theta\,(1 + a\cos\theta)\sin\theta\,d\theta$$

மேலும் $N = \int_0^\pi C\,(1 + a\cos\theta)\sin\theta\,d\theta$

எளிதாக்கினல்,

$$I = C\mu\left\{\int_0^\pi \cos\theta\sin\theta\,d\theta + a\int_0^\pi \cos^2\theta\sin\theta\,d\theta\right\}$$

$$N = C\left\{\int_0^\pi (\sin\theta\,d\theta + a\int_0^\pi \cos\theta\sin\theta\,d\theta\right\}$$

$$\therefore\quad C = \frac{N}{\left\{\int_0^\pi \sin\theta\,d\theta + a\int_0^\pi \cos\theta\sin\theta\,d\theta\right\}}$$

C-ன் இந்த மதிப்பை I-க்கான தொடர்பில் பதிலிட,

$$I = \mu N \frac{\int_0^{\pi} \sin\theta \cos\theta \, d\theta + a \int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta \, d\theta}{\int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta + a \int_0^{\pi} \sin\theta \cos\theta \, d\theta}$$

$$= \mu . N . a . \frac{\int_0^{\pi} \cos^2\theta \sin\theta \, d\theta}{\int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta} = \mu . N . a . \overline{\cos^2\theta}$$

இங்கே $\overline{\cos^2\theta}$ என்பது $\dfrac{\int_0^{\pi} \cos^2\theta . \sin\theta \, d\theta}{\int_0^{\pi} \sin\theta \, d\theta}$ -க்குப் பதிலாக இருக்கின்றது. மேலுள்ள கோடு இடம் சார்ந்த சராசரி மதிப்பினைக் (spatial mean value) குறிக்கின்றது. இரு தொகுப்புக் கோவைகளின் விகிதத்தின் மதிப்பு $\frac{1}{3}$ எனக் காட்டலாமாதலால்,

$$\overline{\cos^2\theta} = \frac{1}{3}.$$

$\mu N = I_s$ ஆனதால்,

$$I = I_s . \left(\frac{a}{3}\right) \text{ அல்லது } \frac{I}{I_s} = \frac{a}{3}.$$

இது (6) சமன்பாட்டிற்குச் சமமாக இருக்கின்றது. எனவே, தொன்மைக் கொள்கையில் உள்ளதுபோல் தடங்கள் எல்லா நிலைகளிலும் இருக்கலாமென அனுமதிக்கப்படும்போது

$\overline{\cos^2 \theta} = \frac{1}{3}$ எனினும், இத்தகைய தொடர்ச்சியான பங்கீட்டினை ஏற்றுக் கொள்வதில்லை. அதன்படி சில குறிப்பிட்ட, தொடர்ச்சியற்ற நிலைகளே இருக்கவேண்டுமெனக் கூறுகிறது. எனவே, $\overline{\cos^2 \theta}$-க்கு வேருெரு மதிப்புக் கிடைக்கிறது. இதனைப் பிறகு பார்ப்போம்.

(iv) லாஞ்ஜ்வின் கொள்கையின் நீட்டிப்பு.

(அ) செறிவாக்கம் குறைந்த கரைசல்கள் (Dilute solutions) : லாஞ்ஜ்வின் கொள்கை வாயுக்களுக்குமட்டுமே பொருந்துமாலுைம் இயல்காந்த உப்புகளின் செறிவாக்கம் குறைந்த கரைசல்களுக்கும் இதை நீட்டிக்கலாம். இந்தச் செறிவாக்கம் குறைந்த கரைசல்கள் வாயுக்களின் நிலைக்கு ஒத்த நிலையில் உள்ளன. எவ்வாறெனில், ஆய்வுகளிலிருந்து கண்டறிந்ததுபோல காந்த நெம்பு திறன் ஊர்திகளாக அயனிகள் கரைப்பானில் (solvent) ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பின்றித் தன்னிச்சையாக இயங்குகின்றன.

(ஆ) மிகத்தாழ்ந்த வெப்பநிலைகள் : தனிச்சுழிக்கு அருகிலுள்ள வெப்பநிலைகளில்தான் (ஹீலியத்தைக் கொண்டு இவ்வெப்பநிலைகளை அடையலாம்) லாஞ்ஜ்வின் கோட்டின் ஒருபடித்தாயில்லாத (வளைந்த) பகுதிக்கு ஆய்வுகள் செய்து கொள்கையினைச் சோதிக்க முடியும். அவப்பேருக அத்தகைய தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் இயல்காந்தப் பொருள்கள் யாவும் திடப்பொருள் நிலைக்கு வந்துவிடுகின்றன. இந்நிலையில் காந்த மூலக்கூறுகள் கடுப்பாடின்றி இரா. இருந்தாலும், காமர்லிங் ஒன்ஸ் கடோலினியம் சல்ஃபேட் எனும் ஒரு திடப் பொருளுக்கு இக் கொள்கையினைச் சோதித்து உறுதிப்படுத்தினுர். 1·3°-க்கும் 20° கெல் வினுக்குமிடையேயுள்ள வெப்பநிலைகளுக்கு $\frac{I}{I_s}$ எனும் விகிதமும் 22,000 காஸ் வரையுள்ள புலங்களில் அதற்கிசைந்த $a = \frac{\mu H}{k T}$ -ன் மதிப்புகளும் மதிப்பிடப்பட்டன. பல வெப்பநிலைகளிலும் I-ன் மதிப்புகள் சோதனையிலிருந்து நேரடியாகவே கிடைத்தன ; $I_s = \sigma_0$ என்பது கியூரி எண்ணைக் (Curie constant) கொண்டு $\sigma_0 = \sqrt{3 R C_M}$ எனும் தொடர்பினைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. σ_0-ன் மதிப்புத் தெரியவே, a-க்கான கோவையில் தேவைப்படும் μ-வின் மதிப்பு $\mu = \frac{\sigma_0}{N_M}$ எனும் தொடர்பிலிருந்து உடனடியாகக் கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது.

y-அச்சில் $\frac{I}{I_s}$ ஐயும் x-அச்சில் a ஐயும் கொண்டு வரைபடம் வரைய ஒரு வளைகோடு கிடைக்கிறது. இது லாஞ்ஜ்வினுடைய கொள்கை வளைகோட்டுடன் மிகவும் ஒன்றியிருந்தது.

தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் செய்த சோதனைகள், அதுவும் குறிப்பாக வாயுக்களோடு ஒன்றுபடுத்திச் சொல்ல முடியாத திடப்பொருள்களுக்குச் செய்த ஆய்வுகள் இக்கொள்கை சரியாக இருக்கிறது எனக் காட்டுவது குறிப்பிடத்தக்கது. ஏனெனில், மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் வெப்ப எண்ணின் மதிப்பு மிகமிகக் குறைகிறது. எனவே, இந்த வெப்பநிலைகளில் வெப்பக் கிளர்ச்சியினால் ஏற்படும் இயக்க ஆற்றல் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறிதாகிறது. இது எவ்வாறிருப்பினும், தொன்மை வாய்பாட்டின்படி (classical formula) வெப்பநிலை ஒரு முக்கியப் பங்கேற்கிறது. தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் வெப்ப எண்கள் கீழ் நிலைக்கேகுவதை விளக்குவதற்காக எடுத்துச் சொல்லப்பட்ட குவான்டம் கொள்கையை காந்த நிகழ்ச்சிகளில் புறக்கணித்து விடவேண்டும் என்பதுபோன்று நிகழ்ச்சிகள் நடக்கக் காண்கின்றோம். எனினும், குவான்டம் கொள்கையையும் இங்குப் புகுத்தலாம். அதற்குக் காந்த நெம்புதிறன் இருக்கக்கூடிய திசைகளில் பங்குபெறும் குவான்டங்களின் எண்ணிக்கை போதுமான அளவு உயர்ந்திருக்க வேண்டும். இதுவரை, கடோலினியம் சல்ஃபேட்டு எனும் ஒரே ஒரு பொருளில் மட்டிலும்தான் இந்த முக்கியமான முடிவு பெறப்பட்டிருக்கிறது என்பதனையும் இதனால் எந்த ஒரு திட்டவட்டமான முடிவிற்கும் வருவதற்கு முன்னால் மேலும் ஆராய்ச்சிகள் செய்யவேண்டும் என்பதனையும் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

(ங) எல்லாக் காந்தக் கூறுகளும் ஒரே திசையில் அமையும் போது இயல்காந்த விளைவுகள் வெளிப்படையாக இல்லாமல்போய் விடவேண்டும்; அதே நேரத்தில் குறுக்குக்காந்த விளைவுகள் இது வரை நமக்குக் கிடைக்கக்கூடிய புலத்தின் பெரும் மதிப்புகள் வரை புலத்தின் செறிவிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளன. எனவே, போதுமான அளவு உயர்ந்த புலங்களில் எல்லா இயல் காந்தங்களும் குறுக்குக் காந்தங்களாக மாறவேண்டும் என்பது வெளிப்படை. இத்தகைய மாற்றங்கள் மிகவும் வலுக்குறைந்த இயல் காந்தங்களான சில உலோகக் கலவைகளில் காணப்படுகின்றன.

லாஞ்ஜ்வின் கொள்கை இந்த வெற்றிகளையெல்லாம் அடைந்தாலும், மிகவும் அமுக்கப்பட்டுக் குளிர்விக்கப்பட்ட வாயுக்கள், செறிவாக்கம் (concentration) மிகுந்த உப்புக் கரைசல்கள், திடப்

பொருளான உப்புகள், தூளாகவோ தனித்தனியாகவோ இருக்கும் படிகங்கள் போன்ற பல இயல்காந்தப் பொருள்களில் காந்த விளைவுகள் மிகவும் சிக்கலான முறையில் வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருப்பதனை இதனால் விளக்க முடியவில்லை.

நாம் பார்த்ததுபோல, சோதனையால் கிடைக்கும் விவரங்கள் $\chi = \frac{C}{T-\theta}$ எனப்படும் கியூரி-வைஸ் விதிக்கு வழிகோலின. லாஞ்ஜ்வினுடைய எளிய கொள்கை இயல் காந்தத்திற்கும் அயக் காந்தத்திற்குமிடையே காணப்படும் நெருக்கமான தொடர்பிற்கு விளக்கம் எதுவும் அளிக்கவில்லை. 1907-ல் வைஸ் (Weiss) இவற்றை எல்லாம் விளக்க முற்பட்டு லாஞ்ஜ்வின் கொள்கையால் 'உள்ளார்ந்த மூலக்கூறுபுலம்' (internal molecular field) எனப்படும் ஒரு புதிய கோட்பாட்டினைப் புகுத்தினர். அதனை இப்போது பார்ப்போம்.

இயல் காந்தத்திற்கான வைஸினுடைய மூலக்கூறு புலக் கொள்கை : லாஞ்ஜ்வின் ஓர் இலட்சிய வாயுவை (ideal gas) எடுத்துக் கொண்டார். இதில் காந்தக் கூறுகளின் (elementary magnets) ஒன்றுக்கொன்றுன விளைவு புறக்கணிக்கத்தக்க அளவினது. எனவே, புறப்புலத்தினுல் உண்டாகும் திருப்பும் செயலினை (turning) எதிர்ப்பது வெப்பக் கிளர்ச்சி மட்டிலும்தான். ஆனல். வைஸ் (Weiss) உண்மையான ஒரு வாயுவில் மூலக்கூறுகளின் காந்த நெம்புதிறனுல் அவை ஒன்றையொன்று ஆளுகின்றனவாதலால் வாயுவுக்குள் ஒரு காந்தப்புலம் இருக்க வேண்டுமெனக் கொண்டார். எந்த ஒரு புள்ளியிலும் அதன் அருகிலுள்ள எல்லா மூலக் கூறுகளாலும் இந்தக் காந்தப்புலம் உண்டாகிறது. இது காந்த ஏற்றச் செறிவிற்கு (intensity magnetisation) நேர்விகிதத்தில் அதே திசையில் இருக்கும். இந்த உள்ளார்ந்த மூலக்கூறு புலத்தே (internal molecular field) H_m எனக் குறிப்பிட்டால், $H_m = \beta I$. இங்கே β என்பது ஒரு மாறிலி [மூலக்கூறு புலக்கெழு (molecular field coefficient)]. விளைபயன் புலம் (effective field) H_e ஆனது தொழிற்படுத்தப்படும் புறப்புலம் H, உள்ளார்ந்த மூலக்கூறு புலம் H_m ஆகியவற்றின் வெக்டர் கூடுதலாகும்.

$$\therefore \quad H_e = H + H_m = H + \beta I \qquad \ldots\ldots (1)$$

இந்தப் புதிய காரணியைப் பயன்படுத்த, $\frac{I}{I_s}$-க்கான தொடர்பு கீழ்க்கண்டவாறு மாறுகிறது.

$$\frac{I}{I_s} = \frac{\mu H_e}{3kT} = \frac{\mu (H + \beta I)}{3\,kT}$$

ஒரு கிராம் மூலக்கூறு பொருளினை எடுத்துக்கொள்ள, பொருளின் அடர்த்தி ρ ஆகவும், மூலக்கூறு எடை (molecular weight) M ஆகவும், கிராம் மூலக்கூறு காந்த நெம்புதிறனும் அதன் நிறைநிலை மதிப்பும் முறையே σ, σ_0 ஆகவும் இருந்தால்,

$$I = \frac{\sigma}{M/\rho} = \frac{\sigma\rho}{M}$$

மேலும் $I_s = \frac{\sigma_0\rho}{M}$

(I-ம் I_s-ம் ஓர் அலகு பருமனுக்குரியவை ஆனதால்.)

$$\therefore \quad \frac{I}{I} = \frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\mu(H + \beta I)}{3kT}$$

$\mu = \frac{\sigma_0}{N_M}$ ஆனதால் (இங்கே, N_M என்பது அவகாட்ரோ எண் அ—து., ஒரு கிராம் மூலக்கூறிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை),

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\sigma_0 (H + \beta I)}{3 N_M kT} = \frac{\sigma_0 \left(H + \frac{\beta\sigma\rho}{M}\right)}{3RT}$$

$$\therefore \sigma = \frac{\sigma_0^2}{3RT}\left(H + \frac{\beta\sigma\rho}{M}\right) \qquad \ldots\ldots (2)$$

மூலக்கூறு காந்த ஏற்புத்திறன் கீழுள்ள தொடர்பால் கொடுக்கப்படுகிறது.

$$\chi_M = \frac{\sigma}{H} = \frac{\sigma_0^2}{3RT}\left(1 + \frac{\beta\sigma\rho}{MH}\right)$$

$$= \frac{\sigma_0^2}{3RT}\left(1 + \frac{\beta\rho}{M}\cdot\chi_M\right)$$

$$\therefore \quad \chi_M \cdot T = \frac{\sigma_0^2}{3R} + \frac{\sigma_0^2\,\beta\rho}{3RM}\cdot\chi_M .$$

$$\chi_M\left(T - \frac{\sigma_0^2\,\beta\rho}{3RM}\right) = \frac{\sigma_0^2}{3R} = C_M$$ (கியூரியின் மூலக்கூறு எண்.)

$$\therefore \quad \chi_M = \frac{C_M}{T - \theta} \qquad \ldots\ldots (3)$$

இங்கே $\theta = \frac{\sigma_0^2\,\beta\rho}{3RM}$

இது கியூரி-வைஸ் விதியாகும். θ என்பது அய காந்தங்கள் இயல் காந்தங்களாக மாறும் நிலையாகிய கியூரி நிலை. இதனைக் கீழே பார்ப்போம். இந்த விதிப்படி, மூலக்கூறு புறம் ஒன்றினை யுடைய இயல்காந்தப் பொருளின் காந்த ஏற்புத்திறன் வெப்ப நிலைக் கூடுதலுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும் நிலை கியூரி நிலை எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுதான வெப்பநிலைக்கு மேலே தான் ஏற்படுகின்றதேயன்றி கியூரி விதி கூறுவதுபோல தனிச் சுழிக்குமேலன்று.

இயல்காந்தத்திற்கான வைஸின் கொள்கையைச் சோதனைகளால் உறுதி செய்தல் : முன்னே குறிப்பிட்டதுபோல பல இயல்காந்தப் பொருள்கள் கொள்கைகளால் வருவிக்கப்பட்ட கியூரி-வைஸ் விதிக்கடங்கி நடக்கின்றன. அமுக்கப்பட்ட ஆக்ஸிஜனைக்கொண்டு காமர்லிங் ஒன்ஸ் (Kamerlingh Onnes) நடத்திய ஆய்வுகள் இங்குப் பார்க்கத் தக்கன. $0 \cdot 15$ அடர்த்தியுடைய, மிக நன்றாக அமுக்கப்பட்ட ஆக்ஸிஜனை $147°$-லிருந்து $249°$ கெ. வரை உள்ள வெப்பநிலைகளில் பயன்படுத்தி $\chi_M (T + 5 \cdot 4)$ எனும் கோவை ஒரு மாறிலி எனவும் இதன் மதிப்பு $\chi_M (T + 5 \cdot 4) = C_M$ என்பது ஏறத் தாழ 316 எனவும் கண்டார். சாதாரண அழுத்தங்களில் C_M-ன் மதிப்பும் இதுதான். கியூரி-வைஸ் விதி ஆய்வுகளால் சரிபார்க்கப் பட்டது என்பதே இதன் பொருள். மேலும் கியூரிநிலை எதிர்க் குறியுடையது. அ-து., தனிச் சுழிக்கு $5 \cdot 4°$ கீழே உள்ளது. இங்கு உட்படுத்தப்பட்டிருக்கும் மூலக்கூறு புலம் எதிர்க்குறி உடையது என்பதனை இது குறிக்கிறது. எனவே, மிக அதிகமாக அமுக்கப் பட்ட ஆக்ஸிஜன் புறப்புலத்தின் திருப்பும் செயலுக்குத் துணை செய்யாமல் எதிர்க்கிறது.

கியூரி நிலையைக் கண்டுபிடித்தல் : (3) ஆவது சமன்பாட்டினைக் கீழுள்ளவாறு எழுதலாம்.

$$\frac{1}{\chi_M} = \frac{T}{C_M} - \frac{\theta}{C_M}$$

$\frac{1}{\chi_M}$-க்கும் T-க்கும் இடையே வரையப்படும் வரைபடம் எடுத்துக்கொண்ட பொருள் கியூரி விதிக்குட்பட்டு நடக்குமானல், ஆதியின் (origin) வழியாகச் செல்லும் ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும். அது ஆதியின் வழியாகச் செல்லாவிட்டால் கியூரி-வைஸ் விதிதான் செயல்படுகின்றது என்பது தெளிவு. அப்போது T-அச்சின் வெட்டுத் துண்டு (intercept) கியூரிநிலை θ ஐக் கொடுக்கும்.

இயல்காந்தப் பொருள்கள் பலவற்றிற்கு θ சிறிதாக இருக்கிறது. இது நேர்க்குறியுடையதாகவோ எதிர்க்குறியுடையதாகவோ இருக்கலாம். எதிர்க்குறியுடையதானால் கியூரிநிலை மாயமானது (virtual); இது β-ன் எதிர்மதிப்புக்கும் அதனால் எதிர் மூலக்கூறு புலத்திற்கும் இசைந்தது. θ நேர்க்குறியுடையதானால் பொருள் போதுமான அளவு தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளிலும் அயக்காந்தமாகிவிடும் என முடிவு கட்டிவிட முடியாது. ஏனெனில், $\frac{1}{\chi_M}$-க்கும் T-க்கும் இடையேயுள்ள ஒருபடித் தொடர்பு (linear relation) கியூரிநிலையினை நெருங்கும்போது முறிந்துவிடுகிறது. இதிலிருந்து கியூரி-வைஸ் விதி தோராயமான விதியாகத்தான் இருக்கமுடியும் எனவும் காந்த அமைப்பு (magnetic system) மேலும் மேலும் சீர்குலைய (அ-து., வெப்பநிலை குறையும்போது தொன்மைக் கோட்பாட்டிற்கு உட்படுதலிலிருந்து குறைதல்) இது உண்மைகளிலிருந்து விலகிக்கொண்டே செல்கின்றது எனவும் தெரிகிறது. கியூரி-வைஸினுடைய தொன்மை விதியினால் விளக்க முடியாத சோதனைகளால் நன்கறிந்த உண்மையும் உள்ளது. (அ-து., பல உலோகங்கள், குறிப்பாகக் காரங்கள் மிகக்குறைந்த இயல்காந்த ஏற்புத்திறனையே பெற்றிருக்கின்றன. மேலும், இத்திறன்கள் வெப்பநிலையைச் சார்ந்திருப்பதில்லை.) இந்த முரண்பாட்டிற்கு, பௌலி (Pauli) புதிய குவான்டம் புள்ளியியலுக்கு (quantum statistics) உட்பட்டு ஒழுகுகின்ற, உலோகத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்களே காந்தப் பண்புகளுக்குக் காரணம் எனத் தற்புனைவாகக் கொண்டு ஒரு புதிய விளக்கத்தினைக் கொடுத்தார்.

அயக்காந்தத்திற்கான வைஸினுடைய கொள்கை: இயல்காந்தத்திற்கும் அயக்காந்தத்திற்குமிடையேயுள்ள தொடர்பினை விளக்குவதற்கும் அதனோடு அயக்காந்தங்களின் தனிச் சிறப்புப் பண்புகளை விளக்குவதற்காகவும் வைஸ் (Weiss) தம்முடைய மூலக்கூறு புலக்கொள்கையில் மூலக்கூறுகளின் பெருங்கூறுகள் (domains) எனும் ஒரு புதிய எண்ணத்தினை நுழைத்துச் செம்மைப்படுத்தினார். இயல்காந்தங்களுக்கு $H_e = H + \beta I$ எனும் தொடர்பால் கொடுக்கப்படும் அதே தற்புனைவினை இந்தப் பெருங்கூறுகளுக்கும் செய்துகொண்டார். ஆனால், மூலக்கூறு புலக்கெழு β நேர்க்குறியுடையதாக இருக்கும்போது புறக் காந்தப்புலம் இல்லாதவிடத்தும் இந்தப் பெருங்கூறுகள் (domains) தாமாகவே காந்த ஏற்றம் பெறுவதற்கு வாய்ப்புண்டாகிறது. இத்தகைய, புறத்தூண்டுதலில்லாமல் உள்ளார்ந்த மூலக்கூறு புலத்தினால் தானாகவே உண்டாகும் காந்த ஏற்றத்தின் மதிப்பினை மேலுள்ள தொடர்பில் புறப்புலமாகிய H-ன் மதிப்பினைச் சுழியாக்கிக் கண்டு

பிடிக்கலாம். இது புறத்தூண்டுதலற்ற காந்த ஏற்றத்திற்கான நிபந்தனையினை நிச்சயிக்கிறது.

M மூலக்கூறு எடையும், ρ அடர்த்தியும், உள்ள பொருளின் ஒரு கிராம்-மூலக்கூறினை எடுத்துக்கொள். கிராம்-மூலக்கூறு காந்த நெம்புதிறன் σ எனவும் அதன் நிறைநிலை மதிப்பு σ_0 எனவும் கொள்.

பெருங்கூறுகள் இயல்காந்தத்தின் பொதுவான கொள்கைக் குட்பட்டு நடப்பதால்,

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \coth a - \frac{1}{a} \qquad \ldots\ldots (1)$$

இங்கே $a = \dfrac{\mu \text{H}e}{k\text{T}}$

புறப்புலம் சுழியாக இருக்கும்போது,

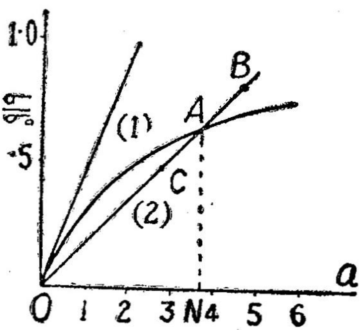
$$\text{H}_e = \beta\text{I} = \frac{\beta\sigma\rho}{\text{M}}$$

$$\therefore \quad a = \frac{\mu\,\beta\sigma\rho}{k\text{TM}} = \frac{\sigma_0\,\beta\,\sigma\rho}{\text{N}_\text{M}\cdot k\text{TM}} = \frac{\sigma_0\beta\sigma\rho}{\text{RTM}}$$

இதனைக் கீழுள்ளவாறு எழுதலாம் :

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\text{RTM}}{\sigma_0^{\,2}\,\beta\rho}\cdot a \qquad \ldots\ldots (2)$$

இவ்வாறு (1), (2) ஆகிய இரு ஒருங்கமைச் சமன்பாடுகளை (simultaneous equations) நாம் அடைகிறோம். இவை புறத் தூண்டுதலில்லாக் காந்த ஏற்றத்திற்கான நிபந்தனைகளைக் கொடுக்கின்றன. இரு சமன் பாடுகளுக்கும் இசைந்த வளை கோடுகளை எடுத்துக்கொண் டால் முதலாவது (1) லாஞ்ச் வின் கோட்டைக் கொடுக் கிறது. இரண்டாவது ஆதியின் (origin) வழியாகச் செல்லும் ஒரு நேர்கோடு (2). இதன் சரிவு (slope) $\dfrac{\text{RTM}}{\sigma_0^{\,2}\beta\rho}$-க்குச் சமம். இது T உடன் அதிகரிக்கின்றது (படம் 29). இந்த இரண்டு கோடுகளையும் கொண்டு இரு சமன்பாடுகளையும் கீழ்க்கண்டவாறு



படம் 29.

தீர்க்கலாம்: இருகோடுகளும் [(1-ம், (2)-ம்] ஆதி O-விலும் A எனும் மற்றொரு புள்ளியிலும் ஒன்றையொன்று வெட்டுகின்றன. எனவே, அதன் தீர்வுகள் $\frac{\sigma}{\sigma_0} = 0$ அல்லது AN. ஆனால், $\frac{\sigma}{\sigma_0}$ என்பது மெய்யான தீர்வாக இருக்க முடியாது. ஏனெனில், நம் கருதுகோள்படி அப்போது புறத்தூண்டுதலில்லாமலே காந்த ஏற்றம் நிகழும். எனவே, சரியான மதிப்பு $\frac{\sigma}{\sigma_0}$ = AN மட்டிலும் தான். அ-து., இருகோடுகளும் வெட்டுகின்ற ஆதியல்லாத மற்றொரு புள்ளி. A என்பது, புறத்தூண்டுதலில்லாமல் காந்த ஏற்றம் பெறும் நிலையின் நிலைத்த மதிப்பிற்கு இசைவானது என எளிதில் காட்டலாம். ஏனெனில், ஒரு பெருங்கூற்றிலுள்ள மூலக் கூறுகள் C எனும் புள்ளியால் குறிக்கப்படும் நிலையைப் பெற்றால் லாஞ்ச்வின் கோட்டினால் கொடுக்கப்படும் சமநிலைக்கு இசைந்த மதிப்பைக் காட்டிலும் உள்நிகழ் காந்த ஏற்றம் குறைவாக இருக்கும். இதன் விளைவாகக் காந்த ஏற்றமும் a-ன் மதிப்பும் AN ஆல் குறிக்கப்படும் நிலையை அடையும்வரை உயர்ந்துகொண்டே செல்லும். இவ்வாறே B புள்ளியில் உள்நிகழ் காந்த ஏற்றம் சமநிலை மதிப்பைவிட உயர்வாக இருக்கும். எனவே, காந்த ஏற்றமும் a-ன் மதிப்பும் AN ஆல் குறிக்கப்படும் நிலையை அடையும்வரை குறைந்துகொண்டே செல்ல முயலும். எனவே, பெருங் கூறுகள் தாமாகவே நிலைத்த காந்த ஏற்றம் பெறுவதற்கு ஏற்ற நிலை இருகோடுகளும் வெட்டுகின்ற சுழியல்லாத மற்றொரு புள்ளியே என்பதனைத் தெளிவாக உணரலாம்.

T உயர உயர நேர்கோடாக உள்ள வளைகோடு (2) ஆனது சரிவு (slope) உயர்வதால், இந்தச் சரிவு லாஞ்ச்வின் கோட்டிற்கு ஆதியில் (origin) வரையப்படும் தொடுகோட்டினுடைய சரி விற்குச் சமமாகவோ அல்லது அதிகமாகவோ இருந்தால் புறத் தூண்டுதல் இல்லாத காந்த ஏற்றம் நிகழாது. ஏனெனில், அத் தகைய நிலைகளில் இரு கோடுகளும் சுழியல்லாத வேறு எந்தப் புள்ளியிலும் வெட்டுவதில்லை. மாறாக, லாஞ்ச்வின் கோட்டிற்கு ஆதியில் வரையப்படும் தொடுகோட்டினுடைய சரிவு $\frac{1}{3}$ என்பது நமக்குத் தெரியும். ஏனெனில், a சிறிதாக இருக்கும்போது $\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{a}{3}$.

இந்தக் காரணங்களினால் புறத்தூண்டுதலில்லாத நிலைத்த காந்த ஏற்றத்திற்கான நிலை கீழுள்ளதனால் கொடுக்கப்படுகிறது தெனக் காண்கிறோம்.

$$\frac{RTM}{\sigma_0{}^2\beta\rho} < \frac{1}{3} \text{ அல்லது } T < \frac{\sigma_0{}^2\beta\rho}{3RM}$$

$$\frac{\sigma_0{}^2\beta\rho}{3RM} = \theta, \text{ கியூரிநிலை ஆனதால், } T < \theta.$$

எனவே, புறப்புலம் இல்லாதபோது கியூரிநிலை θ-க்குக் கீழே பெருங்கூறுகள் (domains) தாமாகவே காந்த ஏற்றம் பெறுகின்றன. இந்தக் காந்த ஏற்றத்தின் மதிப்பு வெப்பநிலையைப் பொறுத்திருக்கும். வெப்பநிலை தனிச் சுழியை (absolute zero) நெருங்க நெருங்க இது நிறைநிலை மதிப்பை நெருங்குகிறது. ஏனெனில், $a = \frac{\mu H_e}{kT}$ = வரம்பிலி எனும் மதிப்பிற்கு, அதாவது $T = 0$ ஆக இருக்கும்போது இருகோடுகளும் ஒன்றையொன்று வெட்டுகின்ற சுழியல்லாத மற்றொரு புள்ளி $\frac{\sigma}{\sigma_0} = 1$ என்னுமிடத்தில் இருக்கும். பெருங்கூறுகளின் காந்த நம்புதிறனும், மூலக்கூறு புலக்கெழு β-வும் பெரிதாக இருக்குமானால் θ-ன் தனிமதிப்பும் பெரிதாக இருக்கும் என்பதனைக் கவனிக்கவேண்டும்.

கியூரிநிலைக்குமேலே தானாக காந்த ஏற்றம் நிகழ்வதில்லை; அயக்காந்தப் பண்புகள் மறைகின்றன; பொருள் இயல்காந்தமாகின்றது. இந்த மாறும் நிலைக்கு மிகவும் அருகிலில்லாத வெப்பநிலைகளில் கியூரி-வைஸ் விதிக்குட்பட்டுக் காந்த ஏற்றம் நடக்கிறது. ஏனெனில், a சிறிதாக இருக்கும்போது, அ-து., உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில்

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{a}{3} = \frac{\mu H_e}{3kT} = \frac{\mu (H + \beta I)}{3kT}$$

$$= \frac{\sigma_0\left(H + \frac{\beta\sigma\rho}{M}\right)}{3RT}$$

முன்னே குறிப்பிடப்பட்டதுபோல (பக்கங்கள் 127-128) இத் தொடர்பு கீழ்க்கண்ட தொடர்பிற்கு வழிகோலுகின்றது

$$\chi_M = \frac{\sigma_0{}^2}{3R(T-\theta)} = \frac{C_M}{T-\theta}$$

எனவே, இலட்சிய அளவில் நிரந்தரமான காந்த நெம்பு திறனையும் நேர்க்குறியுடைய மூலக்கூறு புலக்கெழுவையும் உடைய

ஊர்திகளைக் (மூலக்கூறுகள், அணுக்கள் அல்லது அயனிகள்) கொண்ட ஒரு பொருள் கியூரிநிலைக்குக் கீழே தானகவே காந்த மேற்றப்பட்ட பெருங்கூறுகளையுடைய அயக்காந்தமாகவும் கியூரி நிலைக்கு மேலே கியூரி–வைஸ் விதிக்குட்பட்டு ஒழுகும் இயல் காந்தமாகவும் செயல்படும்.

மூலக்கூறு புலக்கெழு β-வின் மதிப்பு கியூரிநிலைக்கு அருகில் அளவீடுகள் செய்து கணக்கிடப்பட்டது. கியூரிநிலையில் H-ஞல் ஏற்படும் விளைவுகள் கணிசமாக இருப்பதற்கேற்ற H-ன் மதிப் போடு ஒப்பிட β I-ன் மதிப்புப் பெரிதாக இருக்காது. இந்த நிலைகளில்,

$$I = \frac{\sigma}{M/\rho} = \frac{\sigma_0^2 (H+\beta I)\rho}{3RTM}$$

மேலும் $\theta = \dfrac{\sigma_0^2 \beta\rho}{3RM}$

$$\therefore \frac{\theta}{T} = \frac{\sigma_0^2 \beta\rho}{3RM} \times \frac{3RMI}{\sigma_0^2 (H+\beta I)\rho} = \frac{\beta I}{H+\beta I}$$

இது, $\dfrac{\beta I}{H} = \dfrac{\theta}{1-\theta}$ என்பதனைக் கொடுக்கிறது.

$\dfrac{I}{H} = K$ (காந்த ஏற்புத்திறன்) ஆனதால் கியூரிநிலைக்கு அருகில் காந்த ஏற்புத்திறனை அளந்து β ஐக் கணக்கிடலாம். இவ்வகையில், β-ன் மதிப்புகள் இரும்பு, நிக்கல், கோபால்ட் ஆகியவற்றிற்கு முறையே 3,850, 12,700, 6,180 எனக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது. இந்த உயர்ந்த மதிப்புகள் மிகத் தீவிரமான மூலக்கூறு புலங்களைக் கொடுக்கும் என்பது தெளிவு. இதனுல் தொழிற்படுத்தக்கூடிய புலங்கள் அளவைப் பொறுத்தவரையில் குறிப்பிடத்தக்க மாறுதல் எதனையும் உண்டாக்காது.

பெருங்கூறுகளின் இலட்சியப் பண்புகளுக்கும் முழுமைப் பண்பு களுக்கும் (Bulk properties) இடையேயுள்ள தொடர்பு: பெருங் கூறுகளுக்குப் புறத்தூண்டுதலில்லாமல் காந்தமேற்றுவதையும் அயக்காந்தங்களின், (i) காந்தமேற்றப்படாத இரும்பு இருத்தல், (ii) காந்த ஏற்றச்செறிவு ஆரம்பத்தில் படிப்படியாக அதிகரித்தல், (iii) காந்தப் பின்னடைவு (hysteresis) போன்ற, ஆய்வுகளால் கண்டறியப்பட்ட முழுமைப் பண்புகளையும் தொடர்புபடுத்து வதற்காக முழுமையான பொருள்கள் நுண்ணிய படிகங்களாலான பெருங்கூறுகளின் திரட்சியே என வைஸ் முன் மொழிந்தார். காந்தமேற்றப்படாத பொருளில் பெருங்கூறுகள் தாமாகவே காந்தமேற்றப்படலாமாஞலும், காந்த ஏற்றங்களின் திசைகள்

ஓர் ஒழுங்கில்லாமல் பரவலாக இருக்கும். அதனால் முழுமையான பொருள் காந்தப்பண்பு எதனையும் காண்பிப்பதில்லை. தொழிற் படுத்தக்கூடிய புறப்புலம் மூலக்கூறு புலங்களுடன் ஒப்பிடப் பொது வாகச் சிறிதாகவே இருக்கும். இந்தச் சிறிய புலம், புறத் தூண்டுதல் இல்லாத காந்த ஏற்றத்தின் அளவை, கணிசமாக மாற்றாமல் திசையை மட்டும் மாற்றும்.

ஓர் அலகு பருமனில் n பெருங்கூறுகள் உள்ளன எனவும் அவற்றின் நிறைநிலை நெம்புதிறன் μ எனவும் கொள். அதனால், $n \mu = I_0$. படிப்படியாக உயர்கின்ற புறப்புலம் பொருளின்மீது தொழிற்படுத்தப்படும்போது, புலத்தின் திசையில் தொகுபயனான (resultant) நெம்புதிறனையுடைய பெருங்கூறுகள் தோராய முதல் படியாகப் பார்க்கும்போது பாதிக்கப்படாது. ஆனால், நெம்பு திறனைப் புலத்தின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் பெற்றுள்ள பெருங் கூறுகள் தொழிற்படுத்தப்படும் புலத்தின் (H) சிறிய மதிப்பு களுக்குத் தன் நிலையில் மாற்றம் ஏதுமில்லாமல் இருக்கும்; ஆனால், H ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுதான மதிப்பை H_c (இது வலு வந்தப்படுத்தும் புலம் எனப்படும்) அடையும்போது திடீரென எதிர்த்திசைக்குத் திரும்பும். இதற்குமேல் புலத்தை அதிகரித் தால் கணிசமான மாறுதல் எதுவும் உண்டாகாது. புறத்தூண்டு தலில்லாத காந்த ஏற்றத்தின் திசை தொழிற்படுத்தப்படும் புலத்தின் திசைக்கு θ கோணம் சாய்ந்திருந்தால் அதன் திசை முன்பின்னாகத் திரும்புவதற்கான நிபந்தனை $H \cos \theta = H_c$.

புலத்தின் திசைக்கு θ கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள எல்லாப் பெருங்கூறுகளும் கீழுள்ள சமன்பாட்டால் கொடுக்கப்படும் தொகுபயனான ஒரு நெம்புதிறனைப் புலத்தின் திசையில் பெற்றிருக்கும்.

$$I = \int_0^\theta n \mu \cos \theta, \ \sin \theta \, d\theta$$

$$= \frac{1}{2} I_0 \int_0^\theta \sin 2\theta \, d\theta$$

$$= \frac{I_0}{2} \left[- \frac{\cos 2\theta}{2} \right]_0^\theta$$

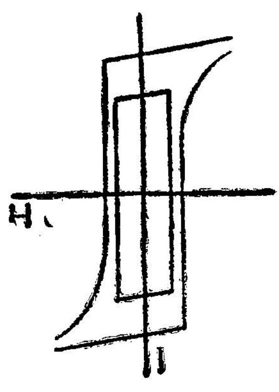
$$= -\frac{I_0}{4}(\cos 2\theta - 1) = -\frac{I_0}{4}(1 - 2\sin^2\theta - 1)$$

$$= \frac{I_0}{2}\sin^2\theta = \frac{I_0}{2}(1 - \cos^2\theta) = \frac{I_0}{2}\left\{1 - \left(\frac{H_c}{H}\right)^2\right\}$$

H_c-யுடன் ஒப்பிட H சிறிதாக இருக்கும்போது H-ன் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்குக் காந்தமேற்றும்போதும் குறைக்கும் போதும் I-ன் மதிப்பு ஒன்ருகவே இருக்கும். எனவே, காந்த ஏற்றத்தின் ஆரம்பநிலைகளில் இது ஒரு திருப்பவல்ல செய் முறையாக (reversible process) இருக்கும். இது ஆய்வுகளால் கண்ட உண்மைகளுக்கு ஒத்திருக்கின்றது. இந்த நிலையில் I படிப் படியாக உயர்வதற்குரிய காரணம் பெருங்கூறுக்குப் பெருங்கூறு θ-ன் மதிப்பு மாறுவதால் முன்பின் திருப்பங்கள் ஒன்றையடுத்து ஒன்ருக நிகழும் என்பதே. ஆனல், H-ன் சிறுமதிப்புகளுக்கு இத் திருப்பங்களின் எண்ணிக்கை மிகக்குறைவாக இருக்கும். காந்த ஏற்றக்கோட்டின் ஆரம்பப் பகுதி மிகமிகச் சிறிதாக இருப்பதி லிருந்து இது தெரிகிறது.

H ஆனது H_c-க்குச் சமமாக இருக்கும்போது முதல் குறி மாற்றம் ஆரம்பமாகிறது. H-ன் ஒரு சிறிய வீச்சிற்கு (range) முழுமை பெற்ற எல்லாப் பெருங்கூறுகளினது காந்த ஏற்றங்களின் விரைவான திசைத் திருப்பங்கள் ஆரம்பமாகின்றன என்பதை இது குறிக்கின்றது. இது வளைகோட்டின் திருப்ப இயலாத (irreversible) செங்குத்தான பகுதிக்கு இசைந்தது.

H_c யோடு ஒப்பிட H பெரிதாக இருக்குமானல், கண்டிப் பாக மேற்கொண்டு எந்த மாறுதலும் இருக்கக்கூடாது. ஆனல், திசைத்திருப்பம் பெருங்கூறுகளின் அச்சுகளை இன்னும் புலத்தின் திசைக்கு θ கோணத்தில் சாய்வாகவே இருக்கச் செய்வதால் காந்த ஏற்றம் சற்றே அதிகரிக்க வேண்டும். இது இறுதியான திருப்பவல்ல பகுதிக்கு இசைந்தது; மெய்யான செறிவு வெப்பநிலையையும் புறப்புலம், மூலக்கூறு புலம் ஆகிய வற்றின் தொகுபயனையும் பொறுத் திருக்கும். இச் செறிவின் பெரும மதிப்பு $\frac{I_0}{2}$. $H > H_c$ ஆகும்போது, புறப்புலத்தை +H-லிருந்து −H-க்குச் சுழற்சியாக மாற்றினல் காந்த ஏற்றச் செறிவு பின்வரும் தொடர்பால் கொடுக்கப்படுகிறது.



படம் 30.

$$I = -\frac{I_0}{2}\left\{1-2\left(\frac{H_c}{H}\right)^2\right\}$$

இத் தொடர்பின்படி,

$$2\left(\frac{H_c}{H}\right)^2 = 1 \text{ அல்லது } H = \sqrt{2}\ H_c \text{ ஆக}$$

இருக்கும்போது மட்டுந்தான் I சுழியாகும் (Zero). இத் தொடர்பினை வரைபடமாகக் குறித்தால், கிடைக்கும் வளைகோடு படம் 30-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் கிட்டத்தட்ட ஒரு செவ்வகமாக (rectangle) இருக்கும். இது ஒரு பரப்பினை அடைத்தாலும் உண்மையான காந்தப் பின்னடைவு வளையத்திற்கு மிகவும் ஒவ்வாது இருக்கிறது. ஆனால், பெருங்கூறுகளை உருவாக்குகின்ற படிகங்களும் அவற்றின் முதன்மைக் காந்த அச்சுகளுக்கு நேர்கோணங்களில் காந்த ஏற்றங்களை (ஒப்பீட்டில் சிறிய அளவு) பெறக்கூடுமாதலால் சோதனைகளால் கிடைக்கும் வளைகோடுகளுக்கு மிகவும் ஒத்திருக்கின்ற இழைத்த கோடுகள் (smooth curves) கிடைக்கின்றன.

அயக்காந்தத்திற்கான வைஸினுடைய கொள்கையை ஆய்வுகளால் நிறுவுதல்: வைஸ் கொள்கைக்கு ஆதரவான சோதனைச் சான்றுகள் மேலும் சில கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

(அ) **பார்காஸென் விளைவு (Barkhausen effect):** *1919-ல்*, பார்காஸென் என்பவர் ஒரு விளைவினைக் கண்டுபிடித்தார். ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு மேலுள்ள காந்தமேற்றும் புலத்தில் தங்களுடைய அச்சுகளை முழுதும் திருப்பிக்கொள்கின்ற புறத் தூண்டுதலில்லாமலே காந்தமேற்றப்பட்ட பெருங்கூறுகள் உள்ளன எனும் கருத்திற்கு இது பேராதரவு அளித்தது. இவ் விளைவு கீழ்க்கண்டதில் சிறப்பாக அடங்கியுள்ளது. ஓர் அயக் காந்தப்பொருள் தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டிருக்கும் புலத்தினால் காந்தமேற்றப்படும்போது, அதனால் உண்டாகும் காந்த ஏற்றச் செறிவின் குறைந்தது ஒரு பகுதியாவது திடீர் திடீரெனத் தொடர்ச்சியற்ற முறையில் நிகழும் குதிப்புகளால் (jumps) உண்டாகிறது எனக் காணப்பட்டது. இதனைக் கீழ்க்கண்டவாறு ஆராயலாம். இரும்புக் கம்பி ஒன்று காந்தமேற்றும் ஒரு கம்பிச் சுருளின் (solenoid) உள்ளே வைக்கப்பட்டது. இச் சுருளின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம் சீராக உயர்த்தப்பட்டது. சுருளைச் சுற்றிச் சில சுற்றுகளையுடைய ஒரு கம்பி உள்ளது. காந்த ஏற்றச் செறிவின் மாறுதல்களால் இவ் வளையத்தில் (loop) தூண்டப்படும் மின் இயக்கு விசையைத் தொடர்ந்து குறிப்பதற்காக ஒரு சாதனம் இக் கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. காந்தமேற்றும்

புலம் தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டேயிருப்பதால் காந்த ஏற்றம் தொடர்ச்சியான முறையில் மாறவேண்டும் என்றும், அவ்வாருனல் அதனுல் தூண்டப்படும் மின் இயக்குவிசையும் (*e.m.f.*) தொடர்ந்து மாறவேண்டும் என்றும் எதிர்பார்க்கவேண்டும். எனினும், மின் இயக்குவிசை மாறுதல்கள் சிறு அளவில் ஆனுல் திடீர் திடீரெனத் தாவும் குதிப்புகளாகக் காணப்பட்டன.

வளையத்தை ஒரு தொலைபேசியுடனே (telephone) அல்லது ஒரு மின்குழாய்ப் பெருக்கி (valve amplifier) வழியாக ஓர் ஒலிப் பானுடனே (loud speaker) இணைத்துவிட்டால் சடசடவென ஒலி கேட்கிறது. காந்த ஏற்றங்கள் தொடர்ச்சியற்றிருப்பதே இந்தச் சடசட ஒலிகளுக்குக் காரணம். வளையத்தை ஓர் அலைவு வரைவியுடன் (oscillograph) இணைத்துவிட்டு, காந்தமேற்றும் புலத்தை மிகமெதுவாக உயர்த்திஞல் அலைவுவரைவியில் தோன் றும் உச்சிகளை (peaks) எண்ணிவிடலாம். டிண்டால் (Tyndall) இம் முறையைப் பயன்படுத்தி ஓர் அலகு பருமனுள்ள இரும்பினைக் காந்தமேற்றும் முறையில் பல்லாயிரம் உச்சிகள் உண்டாகின்றன எனக் கண்டார். ஒவ்வோர் உச்சிக்கும் உள்ளே அடைக்கப்படும் பரப்பளவினை அளந்து அவ்வுச்சி உண்டாவதற்குக் காரணமான அடிப்படைக் காந்தத்தின் (elementary magnet) நெம்புதிறனைக் கணக்கிட முடியும். இத்தகைய அடிப்படைச் செய்ம்முறைகள் உண்மையான படிக மணிகளினுடையதை (crystalline grains) விடச் சிறிதாக இருக்குமென இது குறிப்பாலுணர்த்துகிறது. மேலும், காந்த ஏற்றத்தின் இந்தத் தொடர்ச்சியற்ற நிலைமைகள், காந்த ஏற்றக் கோடுகளின் திருப்பவியலாத செங்குத்தான பகுதிகளோடு மட்டிலும்தான் தொடர்பு கொண்டுள்ளனவாகக் காணப் படுகின்றனவேயன்றி திருப்பவல்ல இறுதிப் பகுதியுடன் அல்ல. இவ்விளைவு, பொருள்கள் உட்படுத்தப்படும் வெப்ப பாவித்தலையும் (heat-treatment) அதனுல் படிகங்களின் நுண்ணிய கட்ட மைப்பையும் பெரிதும் பொறுத்திருக்கின்றது. தொடர்பறுந்த இந்நிலைகள் ஏற்படுதலின் அளவு, கொள்கை அளவில் பார்த்தால் புறத்தூண்டுதலில்லாமல் பெருங்கூறுகள் எந்த அளவிற்குக் காந்த ஏற்றம் பெறுகின்றன என்பதனைப் பொறுத்திருக்கிறது.

(ஆ) இரும்பின் மெல்லிய படலங்களுக்கு மாரைன் (Maurain) ஆராய்ச்சிகள்: 10-லிருந்து 12 காஸுக்குள் உள்ள ஒரு புலத்தில் இரும்பின் ஒரு மெல்லிய படலத்தை மின்னுற் பகுப்புமுறையில் படியவைத்தால்—படலத்தின் தளத்தில் புலம் இருக்குமாறு படிய வைத்தால்—அது நிறைநிலையையடைந்து காந்தப் பின்னடைவுக் கோடுகளைக் கொடுக்கின்றது என மாரைன் (Maurain) கண்டார். இந்தக் கோடுகள் அநேகமாக செவ்வகமாகவே இருந்தன.

அவற்றின் வலுவத்தப்படுத்தும் புலம் H_c கிட்டத்திட்ட 20 காஸ் களாகவும், நிறைநிலைச் செறிவு I_s, 840 ஆகவும் இருந்தன. I_s -ன் மதிப்பு இரும்பின் உண்மையான மதிப்பிற்குச் ($I_s = 1700$) சற்றுக்குறைவாக இருக்கிறது. இப் படலத்தின் கனம் 80 $\mu\mu$-வை விட அதிகமாக இருக்கும்போதுதான் படலத்தின் காந்த நெம்பு திறன் அதன் கனத்திற்கேற்ப அதிகரிக்கின்றது எனவும் உணரப் பட்டது. இந்தக் கண்டுபிடிப்புகள் வைஸ் கொள்கையில் முன் மொழியப்பட்ட மிகத் தீவிரமான உள்ளார்ந்த மூலக்கூறு புலங் கள் இருக்கின்றன என்பதற்குச் சான்றுகளை வழங்கின.

(இ) கியூரிநிலைக்குக் கீழே வெப்பநிலைக்கேற்ப காந்த ஏற்றச் செறிவு மாறுவதனைப் பற்றிய ஆராய்வு: வைஸினுடைய அயக்காந்த கொள்கைப்படி,

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{RTM}{\sigma_0 \beta \rho} \cdot a^2$$

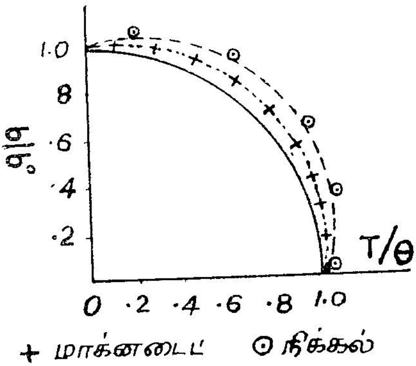
$$\theta = \frac{\sigma_0^2 \beta \rho}{3RM}$$ ஆனதால், மேலுள்ள தொடர்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{T}{\theta} \cdot \frac{a}{3} \quad \text{அல்லது} \quad \frac{\sigma}{\sigma_0} = f\left(\frac{T}{\theta}\right)$$

T தனிச்சுழியை நெருங்கும்போது $f\left(\frac{T}{\theta}\right)$ ஒன்றினை நெருங்கு மாறும் ($T = \theta$ ஆகும்போது $\sigma = \sigma_0$ ஆவதால்), T ஆனது θ ஐ நெருங்குமாறும் (கியூரிநிலையில் புறத்தூண்டுதலில்லாத காந்த ஏற்றம் மறைவதால்) $f\left(\frac{T}{\theta}\right)$ இருக்கும்.

$f\left(\frac{T}{\theta}\right)$ ஐ வெளிப்படையாக விரிப்பது எளிதன்று. ஆனால், $\frac{T}{\theta}$-ன் எந்த மதிப்பிற்கும் $\frac{\sigma}{\sigma_0}$-ன் மதிப்பை $\frac{1}{3}$ $\left(\frac{T}{\theta}\right)$ சரிவுடைய ஒரு கோடும் லாஞ்ச்வின் கோடும் வெட்டும் புள்ளியிலிருந்து வரை படமுறையில் கண்டுபிடிக்கலாம். கொள்கைப்படிக் கிடைத்த $\frac{\sigma}{\sigma_0}$-ன் மதிப்புகளுக்கும், மேற்கண்டவாறு கிடைத்த $\left(\frac{T}{\theta}\right)$-ன் மதிப்பு

களுக்குமிடையே ஒரு வரைபடம் வரைய ஒரு வளைகோடு கிடைக்கிறது. இக் கோடு படம் 31-ல் காட்டியுள்ளது போலிருக்கும். வெப்பநிலை அதிகரிக்கப் புறத்தூண்டுதலில்லாத காந்த ஏற்றம் ஒழுங்காகக் குறைகிறது என்பதனை இது குறிப்பாலுணர்த்துகிறது. ஆனால், இங்கே முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டியது என்னவென்றால் வைஸ் கொள்கைப்படி இந்த முறையில் இசைந்த வெப்பநிலைகளில் வரையப்படும் வளைகோடுகள் எல்லா அயக்காந்தப் பொருள்களுக்கும் ஒரே உருவினவாய் இருக்க வேண்டும் என்பதே.

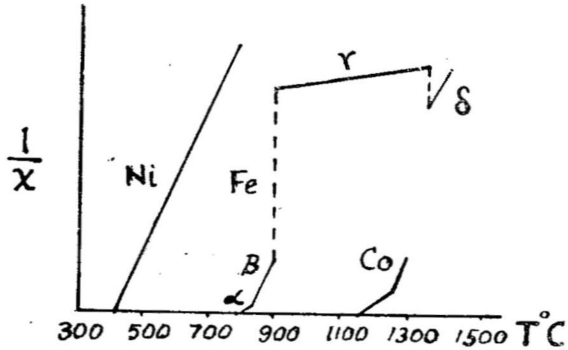


படம் 31.

இரும்பு, கோபால்ட், நிக்கல், மாக்னடைட் (Magnetite) ஆகியவற்றிற்குப் பல ஆராய்ச்சியாளர்கள் சோதனைகள் வாயிலாகக் கியூரிநிலைக்குக் கீழே பெற்ற விவரங்களிலிருந்து $\frac{\sigma}{\sigma_0}$க்கும் $\frac{T}{\theta}$-க்குமிடையே அப் பொருள்களுக்கான வளைகோடுகளை வரைய முடிகிறது. படத்தில் மாக்னடைட், நிக்கல் ஆகியவற்றின் அத்தகைய வளைகோடுகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. சோதனைக் கோடுகள் கொள்கைக் கோட்டிலிருந்து பெருமளவில் விலகியிருந்தாலும், வளைகோடுகளின் பொதுவான உருவத்தைப் பொறுத்தமட்டில் அவற்றிற்கிடையே நல்ல ஒற்றுமை இருக்கின்றது.

(ஈ) **கியூரிநிலைக்குமேலே வெப்பநிலைக்கேற்ப காந்த ஏற்புத்திறன் மாறுவது பற்றிய ஆராய்வு:** கொள்கைப்படி, உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் அ-து., கியூரிநிலைக்குமேலே (அதற்கு மிகவும் நெருங்கியிருக்கக்கூடாது) அயக்காந்தங்கள் கியூரி-வைஸ் விதிக்குட்பட்டு நடக்கும் இயல்காந்தங்களாகின்றன. Ni, Fe, Co ஆகியவற்றிற்கு அவற்றின் கியூரிநிலைகளுக்கு மேலே சேகரித்த விவரங்களைக்கொண்டு $\frac{1}{\chi}$-க்கும் T-க்குமிடையே வரைபடங்கள் வரைய, படம் 32-ல் காட்டியுள்ளதுபோன்ற வளைகோடுகள் கிடைக்கின்றன. நிக்கலுக்கு அதன் கியூரிநிலைக்கு (ல 360° செ.) மிகவும் அப்பால் அ-து., 410° செ.-க்கு மேலே 900° செ.-க்குள் ஒரு நேர்கோடு கிடைக்கிறது. கியூரி-வைஸ் விதியையொட்டிக் காந்த

ஏற்புத்திறன் வெப்பநிலைக்கேற்ப மாறுகிறது என்பதனை இது காட்டுகிறது. 775° செ. கியூரிநிலையுடைய இரும்பிற்கு ஆய்வு விவரங்கள் 920°-க்கும் 1390° செ.-க்கும் இடையில் ஒரு நேர்



படம் 32.

கோட்டைக் (γ) கொடுக்கின்றன. இக் கோடு இருமுனைகளிலும் 'பொக்கென' (abruptly) துண்டிக்கப்பட்டிருக்கிறது. கீழ்முனையில் ஆய்வுப் புள்ளிகள் 820° செ.-ல் இணைவுறும் இரு நேர்கோடுகளோடு (α, β) பொருந்துகின்றன. மேல்நிலையில் 1395°செ.-க்கு மேலே ஒரு புதிய நேர்கோடு (δ) தொடங்குகிறது. நான்கு கிளைகளிலும் கியூரி-வைஸ் விதி செல்லுபடியாகின்றது. Co-க்கு அதன் கியூரிநிலைக்கு (1130°செ.) மேலே ஆய்வு முடிவுகள் சேர்க்கின்ற இரு நேர்கோடுகளைக் கொடுத்தன. இவ்வாறு, கொள்கைப்படி கிடைக்கும் முடிவுகளை அ–து., அயக்காந்தங்கள் அவற்றின் கியூரி நிலைகளைக் காட்டிலும் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் கியூரி-வைஸ் விதிக்குட்பட்டு நடக்கும் இயல்காந்தங்களாக மாறுகின்றன என்பதை ஆய்வுகள் உறுதி செய்கின்றன. Fe, Co ஆகியவற்றின் வளைகோடுகளிலுள்ள தொடர்பறு நிலைகள், இப் பொருள்கள் வேறுபட்ட வெப்பநிலை வீச்சுகளில் வெவ்வேறான மதிப்புடைய காந்த நெம்புதிறனைப் பெற்றிருக்கின்றன என உணர்த்துகின்றன. வளைகோடுகள் T அச்சில் உண்டாக்கும் வெட்டுத் துண்டுகளிலிருந்து θ-ன் மதிப்பினைக் கண்டுபிடிக்கலாம். அயக்காந்தங்களுக்கு θ-ன் மதிப்பு இயல்காந்தங்களுக்கு உள்ளதுபோல் சிறிதாகவும் நேர் அல்லது எதிர்க்குறியுடையதாகவும் இல்லாமல் உயர்வாகவும் நேர்க்குறியுடையதாகவும் இருக்கும்.

அடிப்படை ஊர்திகளின் : (மூலக்கூறுகள் அல்லது அயனிகள்) காந்த நெம்புதிறன் μ ஐக் கண்டுபிடித்தல்

எளிய கியூரி விதியையோ அல்லது அதனினும் சிக்கலான கியூரி-வைஸ் விதியையோ ஒட்டி ஒழுகும் இயல்காந்தங்களுக்கு அணு அல்லது மூலக்கூறு நெம்புதிறனை முன்னரே கண்டதுபோல் $\mu = \frac{\sigma_0}{N_M} = \frac{\sqrt{3RC_M}}{N_M}$ (பக்கம் 121 ஐப் பார்க்கவும்) எனும் தொடர்பைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கலாம். $\frac{1}{\chi}$-க்கும் T-க்குமிடையே வரையப்படும் வரைகோட்டின் சரிவு (slope) கியூரி எண் C_M ஐக் கொடுக்கிறது. வாயு எண் R-ம் அவாகாட்ரோ எண் N_M-ம் தெரியும். வரைபடம் வரைவதற்கு இயல்காந்த உப்புகளின் கரைசல்களைப் பயன்படுத்தி அவற்றின் காந்த ஏற்புத்திறன்களை (χ) பலவேறு வெப்பநிலைகளில் (T) அளக்கலாம்.

உப்புக் கரைசல்களில் கிராம்-மூலக்கூறு அல்லது கிராம்-அணு எனப்படும் உறுப்பு, காந்த நெம்புதிறனின் ஊர்தியைக் குறிக்கிறது என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். காட்டாக, ஃபெர்ரஸ் சல்ஃபேட் (ferrous sulphate) ஓர் இரும்பு அணுவை உடையது, ஆனல், ஃபெர்ரிக் சல்ஃபேட் இரண்டு அணுக்களை உடையது. பிந்தியதில் இயல்காந்த விளைவுகளை உண்டாக்கும் கிராம்-மூலக்கூறு வழக்கமாக வரையறுக்கப்படும் கிராம்-மூலக்கூறில் பாதி தான். மேலும் கண்டறியப்படும் காந்த ஏற்புத்திறனில் கரைப்பானின் (solvent) குறுக்குக் காந்தத்திற்கும் அணுவுடன் சேர்ந்துள்ள ரசாயன உறுப்புக்கும் (chemical radical) திருத்தங்கள் செய்யவேண்டும். காட்டாக, நிக்கல் சல்ஃபேட்டில் SO_4 உறுப்பின் இயல்காந்தத்தினல் Ni-ன் தோற்ற அணு நெம்புதிறனில் (apparent atomic moment) 0·37% திருத்தம் செய்யவேண்டும்.

இந்த முறை, ஊர்திகளின் காந்த அச்சுகளின் திசை புலத்தின் திசைக்கேற்பத் தொடர்ந்து மாறுதல், மாக்ஸ்வல் புள்ளியியல் விதி செல்லுபடியாதல், மூலக்கூறின் கட்டமைப்பு (structure) காந்த, வெப்ப ஆற்றல்களுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு ($\frac{\mu H}{kT}$ விகிதம் சிறிதெனப் புனைந்து கொண்டது) போன்ற சில குறிப்பிட்ட தற்புனைவுகளின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது. இந்த முற்கோளின் (hypothesis) விதிக்குக் கட்டுப்படாத தன்மை தான் இம் முறையின் நிச்சயமற்ற தன்மைக்குக் காரணம்.

அயக்காந்தங்களுக்கு மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் நிறை நிலையாக்கும் முறை பயன்படுத்தப் பெற்றது. வைஸ் கொள்கைப் படி, தனிச்சுழியில் எல்லா அடிப்படைக் காந்தங்களும் ஒரே திசையில் இருக்குமாறு அமையும்போது தனிமுதல் நிறைநிலைச் செறிவு (absolute saturation intensity) உண்டாகிறது. மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில், மிகுந்த ஆற்றல் வாய்ந்த புலத்தில் காந்த ஏற்றச் செறிவினை அளந்தால், $H = \infty$, $T = 0$ என்பதற்கு நீட்ட, நிறைநிலை மதிப்பு I_s கிடைக்கிறது. ஊர்திகள் மூலக்கூறுகளெனக் கொண்டு $I_s = \frac{\sigma_0 \rho}{M}$ ஆனதாலும், அடர்த்தி ρ-ன் மதிப்பு, மூலக்கூறு எடை M ஆகியவை தெரியுமாதலாலும் σ_0 கணக்கிடப்படுகிறது. ஒவ்வொரு மூலக்கூறின் காந்த நெம்பு திறன் μ_mஐ $\mu_m = \frac{\sigma_0}{N_M}$ என்பது கொடுக்கிறது; இங்கே N_M என்பது அவாகாட்ரோ எண். இந்த மதிப்பீடுகள், ஒரு கிராம்-மூலக்கூறு அல்லது கிராம்-அணுவில் எத்தனை மூலக்கூறுகள் அல்லது அணுக்கள் உள்ளனவோ அத்தனை அடிப்படைக் காந்தங்கள் உள்ளன எனும் அடிப்படையில் அமைந்தவை என்பது தெளிவு. பலவிடங்களிலும் முடிவுகள் σ_0-ல் அதாவது ஒரு கிராம்-மூலக்கூறு அல்லது கிராம்-அணுவின் காந்த நெம்புதிறனிலோ அல்லது 'வைஸ் மாக்னடான்' (Weiss magneton) எனப்படும் அதனினும் அடிப்படையான அலகின் உறுப்புகளாகவோ விவரிக்கப்படுகிறது.

வைஸ் (Weiss) 1911-ல் ஒன்ஸ் (Onnes) உடன் சேர்ந்து இரும்பு, நிக்கல், கோபால்ட், மாக்னடைட் ஆகியவற்றின் நிறைநிலைச் செறிவை 20° கெ. வரையில் ஆராய்ந்தார். இவர்கள் கையாண்ட முறை நீள்வட்ட கோள வடிவிலுள்ள (ellipsoid) திசைவழி ஒரு பண்பு கொண்டதெனக் (isotropic) கருதப்படும் பொருளின்மீது செலுத்தப்படும் பெரும விசைப்பிணையினை (couple) அளப்பதனை அடிப்படையாகக் கொண்டது. கோபால்டினது கடின காந்தத்தன்மை (magnetic hardness) [இது காந்தபடிகப் பண்புகளால் (magneto-crystal properties) ஏற்பட்டிருக்கலாம்] தீவிரமான புலங்களிலும்கூட நிறைநிலை அடையாது தடுக்கிறது. ஏதோ ஒரு திசைவழி ஒரு பண்பில்லாமையால் (anisotrapy) மாக்னடைட்டைக் கொண்டு செய்யும் அளவீடுகளும் மதிப்பில் வீழ்கின்றன. எனினும், இரும்புக்கும் நிக்கலுக்கும் அதிக நிச்சயமற்ற தன்மையில்லாமல் தனிச்சுழிக்கு நீட்டமுடியும் (extrapolate). இரும்பு, நிக்கல் ஆகியவற்றின் ஒரு கிராம்-அணுவின் நிறைநிலை நெம்புதிறன்களின் மதிப்புகள் முறையே 12,360-ம்

3370-ம் என வருவித்தார். இவை 1123·5 காஸ்·செ.மீ. எனும் பொதுக் காரணியைச் சார்ந்த 11 : 3 என்னும் விகிதத்திலுள்ளன. இவ்வாறு, காந்த நெம்புதிறனுக்கு ஓர் அடிப்படை அலகு உண்டெனக் கண்டார். இவ்வலகு இப்போது வைஸ் மாக்னட்டான் (Weiss magneton) எனப்படுகிறது. எல்லா அணு அல்லது மூலக்கூறு நெம்புதிறன்களும் இதன் பெருக்கங்களே (multiples).

வைஸ் மாக்னட்டானின் மதிப்பு 1123·5 காஸ் செ.மீ. இது ஒரு கிராம்·அணு அல்லது ஒரு கிராம்-மூலக்கூறுக்கு ஒரு காந்த நெம்புதிறனாகும். இது ஓர் அணு அல்லது மூலக்கூறுக்கு 1.85×10^{-21} காஸ் செ.மீ. சோதனைகளில் அளக்கப்படும் காந்த நெம்புதிறன்கள் வழக்கமாக p வைஸ் மாக்னட்டான்கள் என்றே விவரிக்கப்படும்.

$$p = \frac{\sigma_0}{1123 \cdot 5} = \frac{\sqrt{3RC_M}}{1123 \cdot 5} = 14 \cdot 07 \sqrt{C_M}$$

பிந்தைய ஆராய்வுகள் வைஸ் மாக்னட்டானை ஓர் அடிப்படை அலகெனக் கொள்ள முடியாதெனக் காட்டினாலும் இது மிகவும் வசதியானதாகையால் இன்றும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

மிகவும் அண்மையில் (1930), வைஸ், ஃபாரெர் (Forrer) ஆகியோர் Fe-Co உலோகக் கலவைகள் இருபத்தைந்து, Ni-Co உலோகக் கலவைகள் ஒன்பது ஆகியவற்றிற்குக் கிடைத்த நிறைநிலை விவரங்களைக் கொண்டு Fe, Co, Ni ஆகியவற்றின் அணு நெம்புதிறன்களை வருவித்தனர்; அந்த உலோகக் கலவைகளின் வெப்பக் கெழுக்களிலிருந்து (temperature coefficients) அணு நெம்புதிறன்களை வாயுத்திரவத்தின் வெப்பநிலை வரையிலும் கண்டுபிடித்தனர். அவர்களால் கணக்கிடப்பட்ட வைஸ் மாக்னட்டான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் உலோகக் கலவையின் சதவீதக் கூட்டிற்கும் (percentage composition) இடையே ஒரு வரைபடம் வரைந்து, அதை நீட்டி, தூய உலோகத்திற்கான வைஸ் மாக்னட்டான்களின் எண்ணிக்கையைக் கண்டுபிடித்தார்கள். இம்முறையில் கோபால்ட்டிற்கு இதன் மதிப்பு 9 எனக் கண்டனர். மேலும் இவர்கள் இப் பொருள்களின் அணுக்கள் பலவேறு அணு நெம்புதிறன்களை (காட்டாக, இரும்பிற்கு 11, 14, 15 ; கோபால்ட்டிற்கு 17, 9) உடையனவாக இருக்கும் ஆற்றல் பெற்றவை எனக் கண்டுபிடித்தனர். $1/\chi$-க்கும் T-க்குமிடையே வரையப்படும் வரைபடங்களாலும் உணர்த்தப்படுகின்ற காந்த நெம்புதிறனினது இந்த மாறும் தன்மை வைஸ் கொள்கையில் சில குறிப்புகளை விளக்குவதற்கு மிகவும் இன்றியமையாதது. இதனைக் கீழே பார்ப்போம்.

இயல்காந்த கடோலினியம் சல்ஃபேட்டினைக் (paramagnetic gadolinium sulphate) கொண்டு ஓன்ஸ் (Onnes) செய்த சோதனைகளே, தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் நிறைநிலைச் செறிவைக் காணல், கியூரி எண்ணிலிருந்து கணக்கிடுதல் ஆகிய இரு முறைகளாலும் கண்டுபிடிக்கப்படும் அணு நெம்புதிறனுக்கான ஒரே எடுத்துக்காட்டாகத் திகழ்கிறது. இரு முறைகளாலும் பெற்ற முடிவுகள் மிகவும் ஒத்திருக்கின்றன. இதனால் வைஸினுடைய அடிக்கோள்கள் (postulates) சரியே என மெய்ப்பிக்கின்றன. எனினும், அயக்காந்தங்களுக்குத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளில் கண்ட நிறைநிலைச் செறிவு அளவீடுகளிலிருந்து வருவிக்கப்படும் p மதிப்புகளுக்கும் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் கண்டறிந்த இயல்காந்த காந்த ஏற்புத்திறன்களிலிருந்து கிடைக்கும் மதிப்புகளுக்குமிடையே இணக்கம் இல்லை என்பதனையும் கூறவேண்டும். இதற்கு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு Ni ஆகும், இதன் p மதிப்பு தனிச் சுழியில் 3 ; 750°-லிருந்து 1150° கெ.-க்குள் 8.

அயக்காந்தங்களுக்கான வைஸ் கொள்கையின் திறனாய்வு (Criticism): செறிவுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும் உள்ளார்ந்த காந்தப்புலம் எனும் வைஸினுடைய முற்கோளுடன் (hypothesis) புறத்தூண்டுதலில்லாமல் காந்த ஏற்றமடையும் பெருங்கூறுகள் என்னும் எண்ணத்தையும் சேர்க்க, பலவேறுபட்ட உண்மைகளை ஒருதரப்படுத்த முடிகிறது என்பது நிச்சயம். இதன்படி, அயக்காந்த நிகழ்ச்சியை இயல்காந்த விதிகளின் அடிப்படையில் கியூரி நிலைக்கு மேலும்கீழும் விளக்கமுடியும். எனினும், தெளிவாக்கப்படவேண்டிய பல பிரச்சினைகள் உள்ளன. காட்டாக :

(i) **கொள்கை வளைகோடுகளுக்கும், ஆய்வு வளைகோடுகளுக்குமிடையே கியூரிநிலைக்குக் கீழே உள்ள முரண்பாடு, கியூரி-வைஸ் விதி கூறுகின்ற ஒருபடித் தொடர்பு (linear relation) கியூரிநிலைக்கு மிக அருகில் சீர்குலைதல், தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளிலும் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளிலும் பெறப்படும் p மதிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள வேற்றுமை போன்றவற்றைக் கொள்கையினால் விளக்க முடியவில்லை.** வைஸ் கொள்கை மூலக்கூறு காந்த நெம்புதிறன்கள் மாறாதவை என்றும், அவை வெப்பநிலையைச் சாராதவையென்றும் தற்புனைவாகக் கொண்டது ; ஆனால், ஆய்வுகளிலிருந்து இவை மாறுகின்றன எனக் கண்டறியப்பட்டது. இதன் அடிப்படையில் மேற்கண்ட வேறுபாடுகளை விளக்குவதற்கு முதல் முயற்சி செய்யப்பட்டது. ஆனால், குவான்டம் கொள்கையினைப் பயன்படுத்தி இதனினும் நிறைவுபெற்ற தீர்வினைப் பெறலாம். குவான்டம் கொள்கைப்படி காந்த நெம்புதிறன் தொடர்ச்சியற்ற முறையில் வேறுபடும்.

(ii) புனைந்துரைக்கப்பட்ட பெருங்கூறுகள் (domains) தனித் தனியான நுண்ணிய படிகங்கள் அல்லது தொகுதியாக உய்த்துணரக் கூடிய பொருளின் சிறுமணிகள் (granulations) என இனங்கண்டு உறுதி செய்ய முடியாது. இங்கும், குவான்டம் கொள்கையின் அடிப்படையில் நம்பத்தக்க விளக்கம் கொடுக்கப்படுகிறது. இதன்படி, காந்தப் பண்புகள் அணுக்களின் தொகுதிகளாலேயே நிச்சயிக்கப்படுகின்றன. இத் தொகுதிகள் படிகத்தின் கட்டமைப்பை நிர்ணயிப்பதில் முதன்மையான பங்கேதும் ஏற்க வேண்டுமெனக் கட்டாயமில்லை.

(iii) புனைவாகக் கொள்ளப்பட்ட மூலக்கூறுபுலத்தின் தன்மை புரியாததாகவே யுள்ளது. காந்த நெம்புதிறன் ஊர்திகளின் காந்தச் செயலெதிர்ச் செயலாலேயே (interaction) இம் மூலக்கூறுபுலம் தோன்ற முடியாதென மிக நிச்சயமாகத் தோன்றுகிறது. ஹைஸன்பர்க் (Heisenberg) புதிய குவான்டம் பொறிநுட்பவியலைப் (quantum mechanics) பயன்படுத்தி இந்தப் புரியாப் புதிரைப் பெருமளவிற்குச் சிக்கலறுத்தார். மேலும், மூலக்கூறுபுலம் அணுக்களிலும் அயனிகளிலும் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் செயலெதிர்ச்செயல் பரிமாற்றத்தாலேயே (interchange interaction) உண்டாகிறதெனவும், அயக்காந்தத்தை அத்தகைய எலெக்ட்ரான்களின் திருகியக்கத்தோடு (spin moment) தொடர்புபடுத்த வேண்டும் என்றும் அவர் காட்டினர்.

லாஞ்ச்வின்-வைஸ் கருத்துகளும் மூலக்கூறுபுலம் பற்றிய புனைகோளும் மிகவும் எளிமையானவையாக இருந்தபோதிலும் மிகுந்த பயனுடையனவாகவும் விளங்குகின்றன. புதிய குவான்டம் கொள்கை இவற்றைப் பெரிதாக எதுவும் சீர்திருத்தி விடவில்லை என்பதனையும் முடிவாகச் சொல்லலாம்.

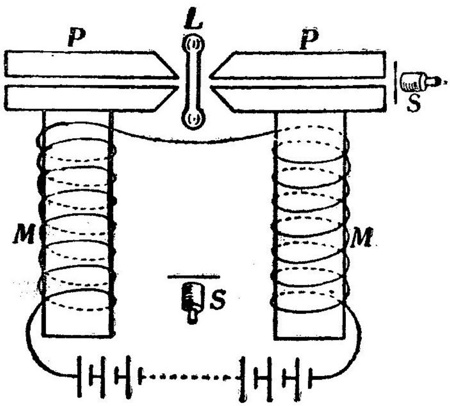
ஸீமன் விளைவு (Zeeman effect)

ஸீமன் விளைவு ஒரு காந்த-ஒளி நிகழ்ச்சியாகும். இதில், நிறமாலை வரிகள் (spectral lines) தொழிற்படுத்தப்படும் காந்தப்புலத்தினல் பாதிக்கப்பட்டுப் பல கூறுகளாகப் பிரிகின்றன. இது முதன்முதல் பேராசிரியர் ஸீமனல் (Prof. Zeeman) கண்டறியப்பட்டது. அதனல் இது ஸீமன் விளைவு (Zeeman effect) என வழங்கப்படுகிறது. வரிநிற மாலைகளைக் (line spectra) கொடுக்கும் ஒரு தோற்றுவாயை ஒரு காந்தப் புலத்தில் வைத்தால் வரிகள் பல கூறுகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன என்றும், இந்தக் கூறுகள் மூல வரிக்குச் சமச்சீருடையனவாகப் பரவலாக அமைகின்றன என்றும் அவர் கண்டார்.

ஸீமன் விளைவினை உண்டாக்கிக் கண்டறிவதற்கான சோதனை அமைப்பு ஒன்று படம் 33-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மிகத் தீவிரமான காந்தப்புலத்தை உண்டாக்கக் கூடியதும், கூம்பு வடிவ முனைத்துண்டுகளை PP (conical pole pieces) உடையதுமான ஒரு மின்காந்தம் MM அமைக்கப்படுகிறது. இந்த மின்காந்தத்தின் முனைத்துண்டுகளின் வழியாக நீளவாட்டத்தில் துளைகளிடப்பட்டிருக்கும். நிறமாலை வரிகளை வெளிவிடுகின்ற ஒரு தோற்றுவாய் (source), காட்டாக சோடிய ஆவிவிளக்கு (sodium vapour lamp) ஒன்று முனைத்துண்டுகளின் இடையில் வைக்கப்படுகிறது. மாறாத் திருப்ப நிறமாலை அளவியோடு S (constant deviation spectrometer) சேர்த்துப் பயன்படுத்தப்படும் லும்மர் கொக்கித் தகடு (Lummer-Gehrcke plate) போன்ற உயர்ந்த வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனுடைய ஒரு கருவியினைக் கொண்டு நிறமாலை வரிகள் கண்டறியப்படுகின்றன.



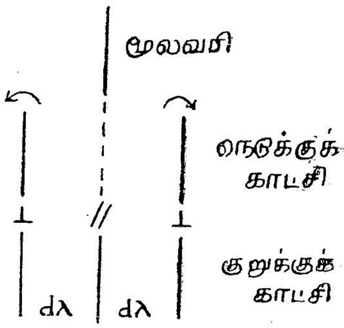
பேராசிரியர் ஸீமன்



படம் 33. ஸீமன் விளைவிற்கான அமைப்பு

நிறமாலை வரி ஒன்றினை முனைத்துண்டுகளிலுள்ள துளைகளின் வழியாக நெடுக்காகப் அதனால் புலத்தின் திசைக்கு இணையான திசையில் பார்த்துக் கொண்டு காந்தப்புலத்தை நிலைநிறுத்த வரி இரண்டாகப் பிரிந்து காணப்படுகிறது. அவற்றுள் ஒன்று மறைந்துவிட்ட மூலவரியினுடையதைக் காட்டிலும் சற்றே குறைந்த அலை நீளத்தையும் மற்றொன்று சற்றே அதிகமான நீளத்தையும் பெற்றிருக்கின்றன. மின் காந்

தத்திற்கு ஊட்டப்படும் மின்னோட்டம் நிறுத்தப்பட்ட அந்தக் கணத்திலேயே இரு வரிகளும் மறைந்து மூலவரி மட்டிலும் காணப்படுகிறது. புலம் இருக்கின்ற போதெல்லாம் தோன்றுகிற இரு கூறுகளும் தாய்-வரியின் (parent line) நிலைக்குச் சமச்சீருடையன வாக இருக்கக் காணப்படுகின்றன. எனவே, ஸீமன் பெயர்ச்சி (shift) எனப்படும் அலைநீள மாற்றம் $d\lambda$ இரண்டு வரிகளுக்கும் சமமாக இருக்கிறது. இரு வரிகளினது முனைகொள்ளும் (polarisation) தன்மையை ஆராய்ந்தால், அவை எதிரெதிர்த் திசைகளில் வட்டமுனை கொண்டனவாகக் (circularly polarised) காணப்படுகின்றன. இவை வரிகளின் மேலுள்ள அம்புக் குறிகளால் காட்டப்பட்டுள்ளன (படம் 34). குறுக்காகக் காந்தப்புலத்திற்குச் செங்குத்துத்திசையில் பார்க்கும்போது வரி மூன்றாகப் பிரிகிறது. இவற்றுள் நடுவரி மூல வரியினுடையதற்குச் சமமான அலைநீளத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. வெளிப்புற வரிகள் இரண்டும் முந்தைய நிகழ்ச்சியில் இரட்டை வரிகள் இருந்த அதே இடத்தில் இருக்கின்றன. மூன்று வரிகளும் தளமுனை கொண்டவை (plane polarised). ஆனால், நடுவரியின் அதிர்வுகள் (vibrations) புலத்திற்கு இணையான திசையில் உள்ளன; வெளிப்புற வரிகள் இரண்டின் அதிர்வுகளும் புலத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கின்றன (படம்34).



படம் 34. ஸீமன் விளைவு

நிறமாலை அளவியின் (spectrometer) கண்ணருகு வில்லை (eye-piece) இருக்கும் இடத்தில் ஓர் ஒளிப்படக் கருவியினை (camera) வைத்து நெடுக்கு விளைவிலோ அல்லது குறுக்கு விளைவிலோ பிரிக்கப்பட்ட வரிகளை உடனடியாகப் படமெடுக்கலாம். அவ்வாறு கிடைக்கும் ஒளிப்படங்களிலிருந்து (photographs) தாய்-வரியின் நிலையிலிருந்து வெளிப்புற வரிகள் அடையும் இடப்பெயர்ச்சிகளை (displacement) அளக்கலாம்.

மேலே விவரிக்கப்பட்ட முடிவுகள் வழக்கமாகத் தீவிரமான காந்தப்புலங்களைப் பயன்படுத்திப் பெறுவன. இவை இயல்பான ஸீமன் விளைவு (Normal Zeeman effect) எனப்படும். வலுக்-

குறைந்த காந்தப்புலங்களில் மிகவும் சிக்கலான பிரிவு ஏற்பட்டுப் பல வரிகள் உண்டாகின்றன. இது முரணிய ஸீமன் விளைவு (Anomalous Zeeman effect) எனப்படும்.

இயல்பால் ஸீமன் விளைவிற்கு எலெக்ட்ரான் கொள்கையின் அடிப்படையில் திருப்திகரமான ஒரு விளக்கம் லோரன்ட்ஸால் (Lorentz) கொடுக்கப்பட்டது. ஒளி உமிழும் பொருளின் அணுக்களோடு தொடர்புகொண்ட எலெக்ட்ரான்களின் அதிர்வுறும் இயக்கத்தாலேயே ஒளி அலைகள் உண்டாகின்றன எனத் தற்புனைவாகக் கொள்ளப்பட்டது. தொன்மையான ஒளியின் மின்காந்தக் கொள்கையிலிருந்து நேரடியாக இப் புனைவு செய்துகொள்ளப் பட்டது. மின்காந்தக் கொள்கைப்படி ஒளி ஒரு மின்காந்த நிகழ்ச்சியாகும். அது, மின் ஏற்றங்களின் காலாந்தர இயக்கத்தினால் (periodic motion) உண்டாகும் மின்காந்த அலைகளால் ஆனது. இப்போது, ஒளித் தோற்றுவாயான நிறமாலைக் குழாயின் (spectrum tube) வழியாக ஏற்படும் மின்னிழப்பின் ஆளுகையினால் அணுக்களின் மையத்தின்மீது அதிர்வுற்றால் அவை ஒளி அலைகளை வெளிவிடும். இவ்வலைகளின் அலைவெண் (frequency) எலெக்ட்ரான் அதிர்வுகளின் அலைவெண்ணிற்குச் சமமாக இருக்கும். ஒரு தனிமத்தின் நிறமாலையிலுள்ள ஒவ்வொரு வரிக்கும் அதற்கிசைந்த தனிமத்தின் அணுக்களிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் அலைவெண் ஒன்றிருக்கும். ஒரு தனி நிறமாலை வரியினை எடுத்துக்கொண்டால், அதற்கிசைந்து அதிர்வுறும் எலெக்ட்ரானின் அலைவெண் திட்டவட்டமான ஓர் அளவாகும். அதனால் எலெக்ட்ரான்கள் எளிய இசை இயக்கத்தைச் (simple harmonic motion) செய்துகொண்டிருக்க வேண்டும். ஓர் எளிய இசை இயக்கத்தை மூன்று கூறுகளாகப் பிரிக்க முடியும். அவையாவன: தொழிற்படுத்தப்படும் புலத்தின் திசைக்கு இணையாக உள்ள ஒரு நேர்கோடு; மற்ற இரண்டும் புலத்திற்குச் செங்குத்துத் திசையில் ஒரே அலைவு நேரம் (period) உடைய எதிரெதிர் வட்ட இயக்கங்கள் (circular motions). புலத்தின் திசையில் சென்றுகொண்டிருக்கும் மின்னேற்றத்தின் மீது ஒரு காந்தப்புலம் எவ்வித எந்திர விசையையும் (mechanical force) தொழிற்படுத்துவதில்லையாகையால் எலெக்ட்ரான் அதிர்வின் நேர்கோட்டுக் கூறு (புலத்தின் திசையிலுள்ளது) புலத்தினால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. எனவே, இந்தக் கூறின் அலைவெண் புலத்தால் மாறுவதில்லை. மாறாக, புலத்திற்குச் செங்குத்துத் தளத்தில் உள்ள எதிரெதிர் வட்டக் கூறுகள் இரண்டும் புலத்தினால் பாதிக்கப்படுகின்றன. இரண்டு வட்டக் கூறுகளில் ஒன்றின் வேகங் குறைகிறது, மற்றதன் வேகம் வளர்கிறது. இது புலத்தின் திசையையும் கூறுகள் வலஞ்

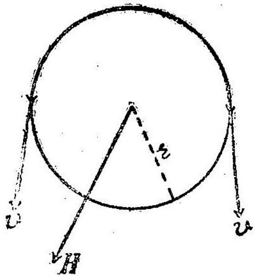
சுழியாகவா அல்லது இடஞ்சுழியாகவா இயங்குகின்றன என்பதனையும் பொறுத்திருக்கும். ஆகையால், இவற்றுள் ஒன்றன் அலைவெண் குறையும், மற்றதன் அலைவெண் அதிகரிக்கும். ஆனால், இரண்டினது அலைவெண் மாறுபாடுகளும் சமமாக இருக்கும். ஏனெனில், அவற்றின் மூல அலைவெண்கள் சமமானவை ; மேலும் ஒரே காந்தப்புலம் அவற்றின்மீது தொழிற்படுகிறது.

நெடுக்குக் காட்சியில் (longitudinal view) புலத்தின் திசையில் மாறுதலடையாமல் இருக்கும் நேர்கோட்டுக்கூறு காட்சித் திசையில் ஒளி அலைகளைக் கொடுப்பதில்லை. ஏனெனில், ஒளி குறுக்குத் தன்மை (transverse nature) வாய்ந்தது. அதே நேரத்தில் புலத்திற்கு நேர்கோணங்களில் இருக்கும் மாறுதலடைந்த இரு வட்டக் கூறுகளும் வட்ட முனை கொண்ட ஒளி அலைகளைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இதனால்தான் முனைகொள்ளாத மூல நிறமாலை வரியானது நெடுக்கு விளைவின்போது மூல வரிக்கு இருபுறத்திலும் சமச்சீருடன் வைக்கப்பட்ட, எதிரெதிர்த் திசைகளில் வட்டமுனை கொண்ட இரு வரிகளால் பதிலிடப்படுகின்றன.

குறுக்குக் காட்சியில், பாதிக்கப்படாத நேர்கோட்டுக்கூறு புலத்திற்கு இணையான திசையில் (அதனால் காணும் திசைக்குச் செங்கோணத்தில்) அதிர்வுகளை அனுப்புகின்றது. இவை மூவ் வரிகளின் மைய வரியினை விளைவிக்கின்றன. இந்த மைய வரி தாய்-வரியின் இடத்தை ஏற்றுக்கொள்கிறது. இது புலத்திற்கு இணையான தளத்தில் தளமுனை கொண்டுள்ளது. புலத்திற்கு நேர்கோணத்தில் உள்ள மாறுதலடைந்த வட்டக் கூறுகள் புலத்திற்குச் செங்குத்தாக அதிர்வுகளை அனுப்புகின்றன. இவை பக்க வாட்டில் கண்டறியப்படுகின்றன. எனவே, இவை மூவ் வரிகளின் வெளிப்புற வரிகளைக் கொடுக்கின்றன. இவ் வரிகள் நடுவரிக்கு இரு புறத்திலும் சமச்சீருடன் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் தளமுனை கொண்டுள்ளன (plane polarised).

ஸீமன் பெயர்ச்சிக்கு அ·து., நடுவரியிலிருந்து வெளிப்புற வரிகள் இடம் பெயரும் தூரத்திற்கு ஒரு கோவையினை (expression) வருவிப்பதற்கு ஓர் அணுவின் மையத்தை ஒட்டிச் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் அந்த அணுவின் எலெக்ட்ரான் ஒன்றினை எடுத்துக் கொள்வோம். அந்த எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றம் மின்காந்த அலகுகளில் e எனவும், அதன் பொருண்மை m எனவும் கொள். அதன் இயக்கத்தைத் தொழிற்படுத்தப்படும் புலத்திற்கு இணையான திசையில் ஒரு நேர்கோட்டுக் கூறாகவும், சமமான அலைவு நேரம் (period) உடைய ஆனால் எதிரெதிர்த் திசைகளில் உள்ள இரு

வட்டக்கூறுகளாகவும் பிரிப்போம். இரு வட்டக் கூறுகளின்மீது தடத்தின் ஆரம் r எனவும் (படம் 35), v, ω என்பவை முறையே நேர்கோட்டு வேகம், கோணவேகம் எனவும் கொள். இந்த இரு வேகங்களும் புலம் தொழிற்படுத்தப்படுவதற்கு முன்னுல் இருகூறுகளுக்கும் ஒன்றுகவே இருக்கும். இரு வட்ட இயக்கங்களும் இயக்கச் சமநிலைக்கான (dynamic equilibrium) சாதாரண சமன்பாட்டிற்கு உட்பட்டிருக்கும்.



படம் 35.

$$F = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r.$$

இங்கே, F என்பது மையத்தை நோக்கித் தொழிற்படும் விசை.

இப்போது, H செறிவுடைய ஒரே சீரான ஒரு காந்தப்புலம் இரு வட்டக்கூறுகளின் தடத்தின் தளத்திற்கு நேர்கோணத்தில் படிப்பவரை நோக்கித் தொழிற்படுத்தப்படட்டும். இப்புலத்தின் விளைவினுல் கூடுதலான ஓர் ஆர விசைக்கு (radial force) எலெக்ட்ரான் ஆட்படுத்தப்படும். இந்த ஆரவிசையின் மதிப்பு Hev ஆகும். இது வலஞ்சுழி (clockwise) இயக்கத்திற்கு மையத்திலிருந்து வெளிநோக்கியும், இடஞ்சுழி இயக்கத்திற்கு மையத்தை நோக்கியும் இருக்கும். இந்தக் கூடுதலான ஆரவிசை இரு வட்டக் கூறு இயக்கங்களையும் சிக்கலாக்குகின்றது. இதனுல் விளையும் சிக்கலான இயக்கம் லா(ர்)மர் முந்துகை (Larmor precession) எனப்படும். இதனைத் தடத்தின் உருவத்தில் மாற்றமில்லாமல் கோணவேகத்தில் உண்டாகும் சிறு அளவு மாறுதல் என விளக்கலாம். இத்தகைய ஒரு மாற்றத்தினுல் எலெக்ட்ரான் சுற்றுவதன் அலைவெண்ணில் ஒரு மாறுதல் ஏற்படும். இதன் விளைவாக வெளிவிடப்படும் நிறமாலை வரியின் அலைவெண் மாறுகிறது. மேலும், எதிரெதிரான இரு வட்ட இயக்கங்களும் புலத்தைத் தொழிற்படுத்துவதற்கு முன்னுல் ஒரே கோணவேகத்தைப் பெற்றிருப்பதால் இரண்டிலும் கோணவேகத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் அளவில் சமமாகவும் எதிரெதிர்க் குறியுடையனவாகவும் இருக்கும். அதாவது ஒன்றில் வேகக்குறைவும் மற்றொன்றில் வேக வளர்ச்சியும் ஆனுல் சம அளவு மாறுதல் உண்டாகும் எனக் கூறலாம்.

கோணவேகத்தில் புலத்தினுல் ஏற்படும் சிறு மாறுதல் $\delta\omega$ எனக் கொள். அப்போது, வலஞ்சுழி வட்ட இயக்கத்திற்குக் கூடுதலான ஆரவிசை மையத்திலிருந்து வெளிப்புறம் நோக்கி இருப்பதால்,

$$F - Hev = m(\omega + \delta\omega)^2 r$$

$$m\,\omega^2 r - m(\omega + \delta\omega)^2 r = He\omega r$$

$$m\,\omega^2 r - m\,\{\omega^2 + 2\omega.\delta\omega + (\delta\omega)^2\}\,r = He\omega r$$

$(\delta\omega)$ மிகச்சிறிய அளவானதால் $(\delta\omega)^2$ ஐப் புறக்கணித்து விடலாம். அப்போது

$$-\,2\,m\omega\delta\omega r = He\omega r$$

$$\delta\,\omega = -\,\frac{He}{2m}$$

எதிர்க்குறியானது இங்கே வேகக்குறைவு (retardation) ஏற்படுகிறது என்பதனைக் காட்டுகிறது.

இடஞ்சுழி வட்ட இயக்கத்திற்குக் கூடுதலான ஆரவிசை மையத்தை நோக்கி இருப்பதால்,

$$F = H\,e\,v = m(\omega + \delta\omega)^2 r,$$

இதிலிருந்து,

$$\delta\omega = +\,\frac{H}{2m}$$

எனவே, இங்கு வேகவளர்ச்சி ஏற்படுகிறது.

இரண்டையும் ஒரே ஒரு தொடர்பினுல் குறிக்கலாம்.

$$\delta\,\omega = \pm\,\frac{He}{2m}$$

இவற்றிற்கு இசைந்த தட அலைவெண் (orbital frequency) மாறுதல்கள் கீழ்க்கண்ட தொடர்பால் கொடுக்கப்படுகின்றன

$$\delta\,\nu = \frac{\delta\omega}{2\pi} = \pm\,\frac{He}{4\pi m}$$

இது நிறமாலை வரிகளின் அலைவெண் மாறுதல் $d\,\nu$-யும் குறிக்கிறது,

குலையாத வரியின் (undisturbed line) அலைவெண்ணும் அலை நீளமும் முறையே ν, λ ஆகவும் ஒளியின் வேகம் c ஆகவும் இருந்தால்,

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

வகைக்கெழு காண (differentiating)

$$d\nu \left(-\,\frac{c}{\lambda^2} \right) \cdot d\lambda\,,$$

$$d\lambda = -\frac{d\nu\lambda^2}{c}$$

$$\therefore \text{ ஸீமன் பெயர்ச்சி } (d\lambda) = \pm \frac{He\lambda^2}{4\pi mc}$$

λ அலைநீளமுடைய ஒரு நிறமாலை வரி தொழிற்படுத்தப்படும் H செறிவுடைய புலத்தின் செயலால் மூலவரிக்கு இருபுறத்திலும் சமச்சீராக அமைந்த இரு கூறுகளாகப் பிரியும் என்பதையும் அப்போது அவற்றின் பெயர்ச்சி (மூல வரியிலிருந்து) மேற்கண்ட கோவையால் கொடுக்கப்படுகிறது என்பதையும் இது காட்டுகிறது.

முன் மொழியப்பட்ட கொள்கையினைத் தெரிந்த அலைநீளம் λ உடைய நிறமாலைவரி ஒன்றினை எடுத்துக்கொண்டு தெரிந்த செறிவு H உடைய ஒரு காந்தப்புலம் தொழிற்படும்போது அதனுடைய ஸீமன் பெயர்ச்சி $d\lambda$ ஐ அளந்து $\frac{e}{m} = \frac{4\pi c}{H\lambda^2}\cdot d\lambda$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடுவதனால் சரிபார்க்கலாம். இவ்வாறு அடைந்த மதிப்பு மற்ற முறைகளில் கிடைத்தவற்றுடன் மிகவும் ஒத்திருக்கிறது. லோரென்ட்ஸினுடைய (Lorentz) இந்த எளிய கொள்கை முரணிய ஸீமன் விளைவு (anomalous Zeeman effect) எனப்படும் வலுக்குறைந்த புலத்தில் எதிர்ப்படும் சிக்கலான ஸீமன் அமைப்புகளை விளக்கும் ஆற்றலற்றது. இவற்றிற்குப் போதிய அளவு தகுந்த விளக்கம் கொடுப்பதற்கு அணுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் அமைப்பு, செயல்பற்றிய ஆழ்ந்த அறிவு தேவை.

எலெக்ட்ரான்களின் முக்கியமான தோற்றுவாய்கள்

எலெக்ட்ரான்கள் எல்லாப் பொருள்களின் அமைப்பிலும் பங்கு பெறுவதாலும், சிறிய அளவுப் பொருளிலும்கூட அவற்றின் எண்ணிக்கை மிகப்பெரியதாக இருப்பதாலும் எவ்வகைப்பொருளையும் தகுந்த நிலைகளில் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுமாறு செய்ய முடியும் என எதிர்பார்க்கக்கூடும். காட்டாக, மின்னிழப்புக் குழாயில் (discharge tube) எதிர்முனைக் கதிர்களின் அங்கமாக அமையும் எலெக்ட்ரான்கள், தீவிரமான ஒரு மின்புலத்தின் ஆளுகையில் 'மோதலினால் அயனியாக்கம்' (ionisation by collision) எனும் முறையினால் உண்டாக்கப்பெறுகின்றன. பொருள்களின் வெப்பநிலையை உயர்த்துதல் அல்லது ஒளிக்கதிர்களை அவற்றின் மீது தொழிற்படுமாறு செய்தல் போன்ற மற்ற முறைகளாலும் பொருள்களை அவற்றின் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுமாறு செய்யக் கூடும். இவற்றுள் முதலாவது வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு (thermionic emission) என்றும், பின்னது ஒளிமின் வெளியீடு (photo-electric emission) என்றும் வழங்கப்பெறுகின்றன.

எலெக்ட்ரான்களின் இவ்விரு தோற்றுவாய்களும் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட கருத்துகளின்படி அவை வெளிவரும் முறையைப் பொறுத்தமட்டிலும் ஒன்றுக்கொன்று மிகவும் நெருங்கிய தொடர்புடையன. அவை, வியக்கத்தக்க புதிய கண்டுபிடிப்புகளான வெப்ப மின்துகள் குழாய் (thermionic valve), ஒளிமின் கலம் (photo electric cell) ஆகியவற்றில் பயன்படும் நடைமுறைச் சிறப்புடையன.

வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு

முன்னுரை : வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு என்பது சூடான பொருள்களிலிருந்து மின்னேற்றங்கள் வெளிவிடப்படும் ஒரு நிகழ்ச்சியாகும். 1873ஆம் ஆண்டில் குத்ரி (Guthrie) என்பவர் பழுக்கக் காய்ச்சிய (red-hot) ஒரு பந்து எதிர்மின்னேற்றத்தை விடாது வைத்திருக்கின்றதென்றும், ஆனால் நேர் மின்னேற்றத்தை வெளிவிட்டு விடுகின்றதென்றும் கண்டார். எல்ஸ்டர் (Elster), கைடல் (Geital) ஆகியோர் 1882-க்கும் 1889-க்கும் இடையில் இந்நிகழ்ச்சியைக் குறித்துத் தொடர்ச்சியாகப் பல ஆராய்ச்சிகள் நிகழ்த்தினர். அவர்கள் வெற்றிடப் பம்பு (exhaust pump) ஒன்றுடன் இணைக்கப் பெற்ற ஒரு கண்ணாடிக் குழாயினுள் உலோக இழை (metallic filament) ஒன்றினையும் ஒரு தகட்டினையும் (plate) வைத்து ஒரு மின்கல அடுக்கினால் (battery) இழையைப் பழுக்கக் காய்ச்சி, தகடு ஏற்கின்ற மின்னேற்றத்தை அளந்தார்கள். இழையின் வெப்பநிலை உயரஉயரத் தகட்டின் மின்னேற்றமும் உயர்ந்து கொண்டே செல்லக் கண்டனர். இது தகடு வெண்ணிறமாகச் சூடேறும் வரையிலேயே நிகழ்ந்தது. அதற்குமேல் மின்னேற்றத்தின் அளவு மாறாமல் நிலையாக இருந்தது. அந்நிலையில் குழாயிலுள்ள அழுத்தம் (pressure) குறைக்கப்பட, தகட்டின் மின்னேற்றம் முதலில் சிறிது குறைந்து பிறகு எதிர் மின்னேற்றமாகியது. அழுத்தத்தை மேலும் குறைக்க எதிர்மின்னேற்றத்தின் அளவு அதிகமாகியது. மின்னேற்றத்தின் அளவு வெளிவிடும் பொருளின் ரசாயன நிலையையும், சூழ்ந்துள்ள வாயுவின் தன்மையையும் பொறுத்திருக்கின்றது எனவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

1885ஆம் ஆண்டில், எரி ஒளிர்வு இழை மின்விளக்கு (incandescent filament electric lamp) ஒன்றினுள், இழையோடு ஒப்புநோக்க நேர்மின் அழுத்தம் (positive potential) கொடுக்கப்பெற்ற ஒரு தகட்டினை வைத்து, ஒரு மின்விளக்கினுள் கிடைக்கக்கூடிய குறைந்த அழுத்தத்திலும் உயர்ந்த வெப்பநிலையினும்

சூடாக்கப்பட்ட இழை சிறப்பாக எதிர்மின்னேற்றங்களையே வெளிவிடுகின்றன என எடிசனுல் (Edison) காட்டமுடிந்தது. தகட்டின் சுற்றில் (circuit) இணைக்கப்பெற்ற மின்னேட்டம் காட்டி (galvanometer), தகடு நேர்மின்னழுத்தமுடையதாக இருந்தபோது மட்டிலுமே ஒரு மின்னேட்டத்தைப் பதிவு செய்தது. தகடு எதிர்மின்னழுத்தமுடையதாகச் செய்யப்பட்டபோது ஒன்றும் காண்பிக்கவில்லை. எரி ஒளிர்வு இழையிலிருந்து எதிர்மின்னேற்றங்கள் வெளிவிடப்பெற்று அவை தகடு நேர்மின்னழுத்தம் பெற்றுள்ள போது அதனுல் ஈர்க்கப் பெறுவதால் தகட்டினது சுற்றில் ஒரு மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது என்பதனையும், தகடு எதிர்மின்னழுத்தம் பெறும் போது இழையிலிருந்து வருபவை எதிர்மின்னேற்றங்களானதால் தகட்டினுல் வெறுத்துத் தள்ளப்பெறுவதால் மின்னேட்டம் எதுவும் ஏற்படுவதில்லை எனவும் இது தெளிவாக மெய்ப்பிக்கின்றது.



பேராசிரியர் எடிசன்

இம் முக்கியமான நிகழ்ச்சியை எடிசன் கண்டுபிடித்ததால் இது சிலகாலம்வரை எடிசன் விளைவு (Edison effcet) என வழங்கப் பெற்றது. இந்த ஆரம்பகால ஆராய்ச்சிக்காரர்களால் சிறிதளவு ஆய்வு விவரங்கள் இவ்வாறு சேகரிக்கப்பட்டிருந்தாலும் இந் நிகழ்ச்சியினது சரியான தன்மை விளங்காத ஒன்ருகவே 1902ஆம் ஆண்டுவரை இருந்தது. அப்பொழுது, பேராசிரியர் ஓ. டபிள்யூ. ரிச்சர்ட்சன் அவர்கள் ரசாயன அடிப்படையில் தூய்மையான, எரி ஒளிர்வில் வெளிவிடும் பொருள்களை மிக உயர்ந்த வெற்றிடத்தில் முற்ற முழுக்க ஆராய்ந்து உறுதியான முடிவுகளைப் பெற்ருர். அவற்றிலிருந்து இந் நிகழ்ச்சியோடு தொடர்பு கொண்ட, கண்டறிந்த உண்மைகளுக்குத் திருப்திகரமான விளக்கம் கொடுத்தார். அவர் இத் துறைக்கு வெப்ப மின்துகள் இயல் (Thermionics) என்றும் சூடான உலோகங்களிலிருந்து வெளிவிடப்பெறும் அயனிகளுக்கு வெப்ப மின்துகள்கள்(thermions) என்றும் பெயர் சூட்டினர். வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டினுல் ஏற்படும் மின்னேட்டம் வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் (Thermionic current) எனப் பெறும்.

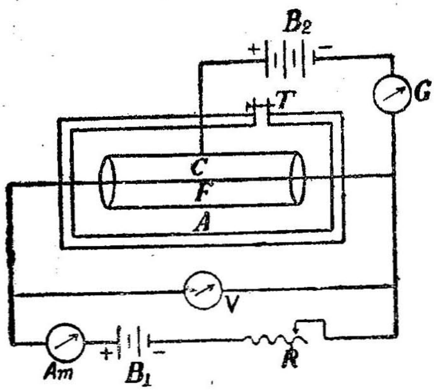
செய்ம்முறை ஆய்வுகள்: ரிச்சர்ட்சன் (Richardson) பயன்படுத்திய கருவி பிளாட்டினம் (platinum), டங்ஸ்டன் (tungston) அல்லது எளிதில் உருகாப் (highly refractory) பொருள் ஏதேனுமொன்றினுல் ஆன ஒரு கம்பி Fஐ உடையது. இக்கம்பி உள்ளீடற்ற உலோக உருளை (C) ஒன்றின் அச்சின் ஊடாக நீட்டி வைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 36). கம்பியும், உருளையும் ஒரு கண்ணுடிக் குமிழினுள் (bulb) வைக்கப்பட்டுள்ளன. இதன் பக்கவாட்டிலுள்ள ஒரு குழாயின் (T) வழியாக ஓர் உயர்ந்த வெற்றிடமாக்கியுடன் (high vacuum pump) இணைப்பதனுல் குமிழின் உட்புறம் ஓர் உயர்ந்த வெற்றிடமாக்கப்படுகின்றது. இப் பக்கவாட்டு குழாயின் வழியாகவே குமிழினை எந்த ஒரு வாயுவினுலும் நாம் விரும்பும் அழுத்தத்தில் நிரப்ப முடியும்,



பேராசிரியர் ரிச்சர்ட்சன்

அம்மீட்டர் (Ammeter) (Am), மாறு மின்தடை (adjustable resistance) (R) ஆகியவற்றின் வழியாகக் கம்பியுடன் தொடர்நிலையாக இணைக்கப்பெற்றுள்ள (series conection) மின்கல அடுக்கிலிருந்து (B_1) வருகின்ற மின்னேட்டத்தினுல் கம்பி சூடாக்கப்படுகின்றது. கம்பிக்கு இணையாக ஒரு வோல்ட் மீட்டர் (voltmeter) வைக்கப்பட்டுள்ளது. வோல்ட்மீட்டர், அம்மீட்டர் ஆகியவை காட்டும் அளவுகளிலிருந்து, சூடாக்கப்பட்ட கம்பியினது மின்தடையினைக் கண்டு கொள்ளலாம், மின்தடை வெப்பநிலையின் சார்பலனுதலால் (function) கம்பி சூடாக்கப்படும் எந்த நிலையிலும் அதன் மின்தடையை அளந்து கம்பியினது வெப்பநிலையைக் கண்டுகொள்ளலாம். இவ்வாறு கம்பியே அதனுடைய வெப்பமானி (Thermometer) ஆகவும் தொழில்படுகின்றது. உருளை (C) மற்றொரு மின்கல அடுக்கு B_2 உடன் இணைக்கப்பெற்றுள்ளது. இதனுல், உருளைக்கும் கம்பிக்கும் இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை

உண்டாக்க முடிகின்றது. உருளையின் சுற்றில் (circuit) உணர் திறம் மிக்க (sensitive) மின்னோட்டம் காட்டி ஒன்று சேர்க்கப் பட்டுள்ளது. கம்பி ஓர் உயர்ந்த வெப்பநிலைக்குச் சூடாக்கப்படுகின்றது. மேலும், சூடாக்கப்படும் கம்பியிலிருந்து வெளி விடப்படும் துகள்கள் எதிர்மின்னேற்றம் பெறு கிறதென உறுதிப்படுத்திக் கொள்வதற்காகக் குமிழி னுள் ஓர் உயர்ந்த வெற் றிடமுண்டாக்கப்படு கின்றது.



படம் 36. வெப்ப மின் துகள் வெளியீட்டை ஆராயப் பயன்படும் கருவி

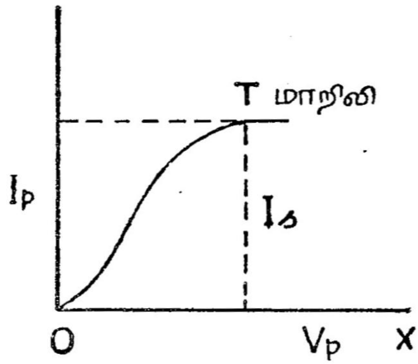
இத்தகைய அமைப்பைக் கொண்டு வெப்ப மின் துகள்களின் (thermions) பண்பு இன்னதென அறுதியிட்டதோடு மட்டுமல்லாமல் வெப்ப மின்துகள் வெளியீடானது வெளிவிடும் பொருளின் (emitter) வெப்பநிலை, பரப்பளவு, பொருள், மேற் புறத்தின் நிலைகள், அதனைச் சூழ்ந்துள்ள வாயுவினது தன்மை, அழுத்தம், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு போன்ற பலவற்றுடன் எந்த அளவில் சார்ந்துள்ளது எனவும் ஆராய்ந்தார்.

(1) **வெப்ப மின்துகள்களின் பண்பு:** சூடான கம்பியி லிருந்து வெளிவிடப்படும் எதிர்மின் துகள்களின் $\frac{e}{m}$ மதிப்பைக் கீழ்க்கண்டவாறு மதிப்பிட்டு அத் துகள்கள் எலெக்ட்ரான்களே எனக் காண்பிக்கலாம். உருளைக்கும் (C) கம்பிக்கும் (F) இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை உண்டாக்கும்போது கம்பியி லிருந்து வெளிவிடப்படும் எதிர்மின் துகள்கள் நேர்மின் உருளையை நோக்கி வேகவளர்ச்சி பெற்றுச் செல்கின்றன. இப்பொழுது நிலை மின்புலத்திற்குச் செங்கோணத்திலும் கம்பிக்கு இணையாகவும் ஒரு காந்தப்புலத்தைத் தொழிற்படுத்தினால் மின்துகள்கள் வளைபாதை களில் செல்லுமாறு ஒதுக்கப்பெறும். மின்துகள்கள் உருளையை அடையாமல் போவதற்குப் போதுவான அளவிற்கு (H) காந்தப் புலத்தின் செறிவு சரிசெய்யப்படுகின்றது. இதனால், மின்னோட்டம் காட்டி மின்னோட்டம் எதனையும் பதிவு செய்வதில்லை. இந் நிலைகளில்

$$\frac{e}{m} = \frac{8\,V}{H^2\,d^2}$$ எனக் காட்டலாம்,

இங்கே, V என்பது மின் அழுத்த வேறுபாடு, d என்பது உருளைக்கும் கம்பிக்குமிடையேயுள்ள தூரம், V, H, d ஆகியவற்றை அளந்து $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்புக் கணக்கிடப்பெறுகின்றது. இது எலெக்ட்ரானின் மதிப்பிற்குச் சமமாக இருக்கக் காணப்படுகின்றது.

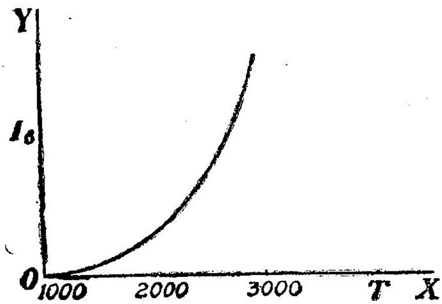
(2) **வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டிற்கும் வெப்பநிலைக்கும் உள்ள சார்பு:** சோதனை அமைப்பில் மாறக்கூடிய மூன்று அளவுகள் உள்ளன. அவையாவன: வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் (I_p) (thermionic current), கம்பியினது வெப்பநிலை (T), கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் (V_p). அதனால், வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தில் வெப்பநிலையால் ஏற்படும் விளைவை ஆராய்வதற்கு மின்னழுத்தத்தை (V_p) மாறாமலும் மிகவும் உகந்த அளவிலும் வைத்துக் கொள்ளவேண்டும். 'மிகவும் உகந்த மின்னழுத்தத்தைக் காண்பதற்குக் கம்பியின் வெப்பநிலையை ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பில் வைத்துக்கொண்டு V_p ஐ மாற்றி அதற்கியைந்த I_p-ன் மதிப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்படுகின்றன. இவ்விவரங்களைக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைய, படம் 37-ல் காட்டியுள்ள ஒரு வளைகோடு கிடைக்கின்றது.



படம் 37. I_p—V_p வளைகோடு வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு.

வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் ஓமின் விதிக்குட்பட்டிருக்கவில்லை என்பது இதிலிருந்து காணப்படுகின்றது. இது முதலில் மெதுவாகவும் பின்னர் விரைந்தும் அதிகரித்துக்கொண்டே போய் இறுதியில் மாறாது ஒரு நிலையான மதிப்பைப் பெறுகின்றது. இந்த நிலைத்த மதிப்பிற்கு நிறைநிலை மின்னோட்டம் (I_s) (saturation current) எனப்பெயர். மின்னழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்குமேல் அதிகரிப்பதால் மின்னோட்டம் அதிகரிப்பதில்லை. இந்தக் குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்திற்கு நிறைநிலை மின்னழுத்தம் (satuaration voltage) எனப்பெயர். வேறுபட்ட பல மாறா வெப்பநிலைகளுக்கும் இதைப்போன்ற வளைகோடுகள் கிடைத்தன. ஆனால், உயர்ந்த வெப்பநிலைகளுக்கு நிறைநிலை மின்னழுத்தங்கள் உயர்ந்து காணப்பெற்றன.

வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்திற்கும் (thermionic current) வெப்ப நிலைக்கும் உள்ள தொடர்பை ஆராய்வதற்குச் செய்யும் சோதனையில் பயன்படுத்தப்பெறும் எந்த ஒரு வெப்பநிலையிலும் நிறை நிலையை உண்டாக்கக்கூடிய மின்னழுத்தமே தொழிற்படுத்தப் பட்டது. வெளிவிடும் பொருளின் (emitter) வெப்பநிலையை மாற்றி அதற்கியைந்த நிறைநிலை மின்னோட்டம் அளக்கப்பெற்றது. கிடைத்த விவரங்களைக்கொண்டு வரைபடம் வரைய, படம் 38-ல் காட்டப்பெற்றுள்ள வளை கோடு கிடைத்தது. குறைந்த வெப்பநிலைகளில் வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு இல்லை. வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் கிட்டத்தட்ட 1000°C-ல் ஆரம்பமாகின்றது. அதன் பின்னர் வெப்பநிலை உயர உயர மிக விரைவாக அதிகரிக்கின்றது.



படம் 38.

(3) வெளிவிடும் பொருளின் பரப்பு, இயற்கை, மற்றும் மேற்புற நிலைகள்: வெளிவிடும் பொருளின் பரப்பு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவுக்கவ்வளவு வெளிவிடப் பெறும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை உயர்ந்திருக்கின்றது. இது, வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தின் செறிவு அதிகமாவதிலிருந்து தெரிகின்றது. வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் கம்பியின் பரப்பிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கின்றது எனச் சோதனைகளில் நிறுவப் பட்டுள்ளது.

தூய உலோகங்களில் 1000°C-க்கு மேலான உயர்ந்த வெப்ப நிலைகளிலேயே வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு நிகழ்கின்றது என்பதும் கார உலோகங்கள் (alkali metals) மற்றவற்றைக் காட்டிலும் அதிக செயல்திறமுடையன என்பதும் சாதாரணமாகக் கண்டறியக்கூடியது. கம்பி செய்யப்பட்டுள்ள பொருளில் மாசிருந்தால் அது வெளியீட்டினைப் பாதிக்கின்றது. 'தூய பிளாட்டினம்' என்று சொல்லப்படுவதிலும்கூட மிகச்சிறு அளவில் சோடியம் (sodium), பொட்டாஷியம் ஆகியவற்றின் சுவடுகள் (traces) உள்ளன எனக் காண்பிக்கப் பெற்றுள்ளது. இத் தூய பிளாட்டினத்திலிருந்து வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டிற்குத் தேவையானதைவிடக் குறைந்த வெப்பநிலைகளிலேயே மின்துகள்கள் வெளிவருகின்றன.

புதிய கம்பி அதிலுள்ள மாசுகளினது நேர்மின் துகள்களைச் சற்று நேரம் வெளிவிட்டாலும் வெற்றிடத்தில் நீண்ட நேரம் தொடர்ந்து சூடாக்கப்படும்போது அவற்றின் எண்ணிக்கை மிக வேகமாகக் குறைகின்றது.

வென்னெல்ட் எதிர்மின்வாய் (Wehnelt cathode): 1908-ல் வென்னெல்ட் என்பார் மின்குழாய்கள் அலைவு வரைவிகள் (oscillographs) ஆகியவற்றைச் செய்வதில் மிகுந்த நடைமுறைச் சிறப்பு வாய்ந்த ஒன்றினைக் கண்டுபிடித்தார். அதாவது, உலோகத்தின் மேற்பரப்பு சில குறிப்பிட்ட ஆக்சைடுகளால் (oxides)—குறிப்பாகக் கார நிலப்பொருள்களால் (alkaline earths)— பூச்சுக் கொடுக்கப் பெற்றால் அது முன்னிலும் குறைவான வெப்பநிலைகளிலும், குறைந்த மின்னழுத்தங்களிலும் குறிப்பிடத்தக்க அளவு அதிகமான எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றது. சுண்ணும்பு, (calcium), ஸ்ட்ரான்ஷியம் (strontium), பேரியம் (barium ஆகியவற்றின் ஆக்சைடுகள் மிகுந்த விளைபயனுடையன (effective). மக்னீஷியம் (magnesium), நாகம் (zinc), காட்மியம் ஆகியவற்றின் ஆக்சைடுகள் அவற்றினும் குறைந்த விளைவையுண்டாக்குகின்றன. இவ்வுலோகங்களின் ஆக்சைடொன்றினால் பூச்சிடப்பெற்ற எதிர் மின் கம்பி வென்னெல்ட் எதிர்மின்வாய் (Wehnelt cathode) எனப் பெறும். பல மின்குழாய்களில் (thermionc valves) தோரியமிட்ட டங்ஸ்டன் (thoriated tungsten) கம்பிகள் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. தோரியமிட்ட டங்ஸ்டன் கம்பி என்பது தோரிய ஆக்சைடினால் ஒரு மெல்லிய படலமாகப் பூச்சிடப்பெற்ற டங்ஸ்டன் கம்பி. இதனால், தூய டங்ஸ்டனுக்கு வேண்டியதைவிட மிகவும் குறைந்த வெப்பநிலையில், தேவையான அளவு எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்பெறுகின்றன.

(4) வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டில் சூழ்ந்துள்ள வாயுவினது விளைவு: வெப்ப மின்துகள் வெளியீடுபற்றிய சோதனைகளில் பயன்படும், மிக உயர்ந்த அளவில் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குமிழினுள்ளே ஒரு வாயு மிகச் சிறு அளவில் இருந்தாலும் அது வெளிப்பாட்டின் (output) மீது பேராட்சி செலுத்துகின்றது. காட்டாக, நீரகவாயுவினது சுவடு, வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தை 10^5 மடங்கு என்னும் மிக உயர்ந்த வீதத்தில்கூட அதிகமாக்குகின்றது. இரு நிகழ்ச்சிகளினது குறுக்கீட்டினால் இந்த அதிகரித்த விளைவு உண்டாகின்றது. அவையாவன: மோதலினாலும் (collision) புறமுகக் கவர்தலாலும் (adsorption) அயனியாக்கம். போதுமான அளவு உயர்ந்த வெப்பநிலையில் கம்பியினால் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் வாயுவினது மூலக்கூறுகளை (molecules) மோத

விஞல் அயனியாக்குவதற்குப் போதுமான அளவு இயக்க ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு, புதிதாக உண்டாகிய அயனிகள் மற்ற மூலக்கூறுகளுடன் மோதி அயனியாக்குகின்றன. இந்த அயனி களால் ஏற்படும் மின்னேட்டம் எலெக்ட்ரான்களின் ஓட்டத்துடன் சேர்ந்து வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தைப் (thermionic current) பெருமளவில் உயர்த்துகின்றது. கம்பியின் மேற்பரப்பின் படலங் களால் (layers) வாயுவின் அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் புறமுகக் கவர்தல் (adsorption) செய்வதே மற்ருெரு நிகழ்ச்சியாகும். புற முகமாகக் கவரப்பட்ட அணுக்கள் அல்லது மூலக்கூறுகள் உலோ கத்தின் மேற்பரப்பின்மீது இரட்டை மின்படலம் (electric double layer) ஒன்றினை உருவாக்குகின்றன. இவ்விரட்டை மின்படலம் அதன் தன்மைக்கேற்ப எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுவதற்குத் துணைசெய்கின்றன அல்லது வெளியீட்டைக் குறைக்கின்றன. புறமுகமாகக் கவரப்பட்ட அணுக்கள் நேர் மின்னுடையனவாஞல் இரட்டைப் படலத்தின் நேர்மின்பகுதி வெளிப்புறமாக இருக்கும். அதஞல் வெளிவிடும் பொருளின் உள்ளிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட் ரான்களின் போக்குவரத்திற்கு அவை துணைசெய்யும். மாருக, அவை எதிர்மின் உடையனவாஞல், படலத்தின் எதிர்மின் பகுதி வெளிப்புறமாக அமையும். அதஞல், வெளியீட்டின் வேகம் குறைக்கப்படுகின்றது. இம் மூலக்கூறுகளும் அணுக்களும் வெளி யேற்றப்படுவதற்கு முன்ஞல் கம்பியானது கிடைக்கக்கூடிய மிக உயரிய வெற்றிடத்தில் உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் பலமணி நேரங்கள் வேகவைத்துச் சுடப்பட வேண்டும். இச் செய்ம்முறை வாயு வெளியேற்றம் (out gassing) எனப்பெறும்.

(5) வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தின்மீது மின்னழுத்தத்தின் ஆளுகை : வெளிவிடும் பொருளுக்கும் அதைச் சூழ்ந்துள்ள உருளைக்கும் இடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை நிலை நிறுத்தும்போதுதான் வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் (thermionic current) உண்டாகக் காணப்படுகின்றது. வெளிவிடப்பெற்ற எலெக்ட்ரான்கள் நேர் மின்னழுத்தமுடைய உருளையை நோக்கி வளரும் வேகத்துடன் செல்கின்றன. இதுவே வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் என்பதுதான் மேற்கூறியதற்குரிய காரணம். நிறைநிலை மின்னேட்டத்தைத் தோற்றுவிக்க ஒரு சிறிய மின்னழுத்தமே போதுமென முதலில் தோன்றலாம். ஆனல், உண்மையான நிறைநிலையை அடைவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் வெப்பநிலைக் கேற்ப மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தம் தேவைப்படுவதால் இது உண்மையன்று. வெளிவிடும் பொருளின் அண்மையில் திரிந்து கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களால் உண்டாகும் 'இடமின் னேற்றமே' (space charge) இதற்குக் காரணம். இந்த இட

மின்னேற்றம் அடுத்து வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களை எதிர்த்துத் தள்ளி, கம்பிக்கே திருப்பிச் செலுத்துகின்றது. இவ்வாறு வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தின் வலுக் குறைகின்றது. இட மின்னேற்றத்தின் விளைவைத் தகுந்த அளவு உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைக் கொடுப்பதனுல் விலக்கிவிடலாம்.

கொள்கைசார் விளக்கம் : ரிச்சர்ட்சன் (Richardson) வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டிற்கு முதன்முதலாகக் கொள்கை சார்ந்த ஒரு விளக்கத்தை எலெக்ட்ரான் கொள்கையின் (electron theory) அடிப்படையில் கொடுத்தார். உலோகங்களிலுள்ள கட்டுப்பாடில்லாத, மின்கடத்தும் எலெக்ட்ரான்கள் சாதாரண வெப்ப நிலைகளிலும்கூட அவற்றின் பொருண்மை மிகக் குறைவானதால் கணிசமான வேகங்களைப் பெற்றிருக்கின்றன. எனினும், அவை உலோகத்திற்குள்ளேயே கட்டுப்பட்டுள்ளன. ஏனெனில், ஓர் எலெக்ட்ரான் மேற்பரப்பின் ஊடே செல்ல முனைகின்றபோது, மின்வேலி (potential barrier) உருவில் உள்ள தடையை எதிர்கொள்கின்றது. இம் மின்வேலி மேற்பரப்பிற்கு வெளியிலுள்ள ஒரு புள்ளியோடு ஒப்பிட நேர்மின்னேற்றமுடையது. மின் பிம்ப விசையினுல் (electrical image force) இவ்வாறு இருக்கலாம். மின் பிம்ப விசையாவது : உலோகத்திலிருந்து விடுபட முயலும் மின்னேற்றத்தினுல் தூண்டப் பெற்ற ஒரு நேர்மின்னேற்றம். எலெக்ட்ரான், மேற்பரப்பிற்குச் (surface) செங்கோணத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட வேக வரம்பினும் மிகுந்த ஒரு வேகத்தைப் பெற்றிருந்தால் மட்டிலுமே வெளிவிடும் பொருளிலிருந்து விடுபட முடியும். எந்த வேகத்திற்கு எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் மேற்பரப்பு வேலியைத் (surface barrier) தாண்டுவதற்குப் போதுமான அளவிற்கு இருக்குமோ அதுவே வேகவரம்பாகும்.

உலோகத்தின் வெப்பநிலை உயரஉயர எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலும் உயர்கின்றது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைக்குமேல்—அதாவது மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில்—மிகப்பல எலெக்ட்ரான்கள் வேக வரம்பிற்கும் உயர்ந்த வேகங்களைப் பெறுகின்றன. அதனுல் உலோகத்திலிருந்து விடுபடுகின்றன. இம்முறையானது திரவங்கள் ஆவியாதலை (evaporation) ஒத்திருக்கின்றது. விடுபட்ட எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் மேற்புறத்திலுள்ள இடத்தில் திரளாகக் குவியுமாறு விடப்பட்டால் ஒரு சமநிலை (equilibrium) ஏற்படும். அப்போது உலோகத்திலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை உலோகத்தின் மேலிருக்கும் எலெக்ட்ரான் மேகத்திலிருந்து (electron cloud) திரும்பி வருவனவற்றிற்குச் சமம். இது, மூடியுள்ள பாத்திரத்தி

லுள்ள திரவத்தின் மேலிருக்கும் ஆவியின் மாறு அழுத்தத்திற்கு (constant vapour pressure) ஒப்பாகும். இந்த எலெக்ட்ரான் மேகமே (electron cloud) இடமின்னேற்ற விளைவிற்குப் (space charge effect) பொறுப்பானதாகும். விடுதலைபெறும் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் பொருளின் அருகிலிருந்து ஒரு மின் புலத்தினுல் அப்புறப்படுத்துவதனுல் இடமின்னேற்றத்தின் அடர்த்தியினைக் குறைக்கக்கூடும். அதனுல் வெளிவிடும் பொருளிலிருந்து அதிகப்படியான எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடும். வெளிவிடும் பொருளோடு ஒப்பிட நேர்க்குறியுடையதாகத் தொழிற்படுத்தப்பெறும் மின்னழுத்தத்தின் பங்கு இதுவே. மின்னழுத்தத்தை அதிகமாக்க இடமின்னேற்ற விளைவு மேலும் குறைகின்றது. அதனுல் வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் அதிகமாகின்றது. மின்னழுத்தம் போதுமான அளவு பெரிதாக இருக்குமாளுல் ஏறத்தாழ எலெக்ட்ரான் வெளிவிடப்பட்ட அதே நேரத்திலேயே நேர்மின் வாயினுல் ஈர்க்கப்படுகின்றது. மற்ற எலெக்ட்ரான்களுடன் சேர்ந்து இடமின்னேற்றத்தை (space charge) உண்டாக்க அவற்றிற்குப் போதுமான நேரம் கொடுக்கப்படுவதில்லை. இந்நிலையில் வெளிவிடப்படும் வீதம் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தினுலன்றி வெளிவிடும் பொருளின் வெப்பநிலையினுல் மட்டுமே நிச்சயிக்கப்படுகின்றது. அதனுல் மின்னோட்டம் அந்த மாறு வெப்பநிலைக்கு ஒரு நிறைநிலை மதிப்பை அடைகின்றது.

இந்த விளக்கத்தின் தவறிலாத்தன்மை கீழ்க்கண்ட இரு வழிகளால் தேர்வாய்வு செய்யப்பட்டது. உலோகத்திலுள்ள கட்டுப்பாடற்ற எலெக்ட்ரான்களின் நேர்வேகங்கள் (velocities) மாக்ஸ்வல்லின் விதிப்படி (Maxwell's law) பங்கிடப் பெற்றுள்ளன எனத் தற்புனைவாகக்கொண்டு, வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் விடுபடக்கூடிய எலெக்ட்ரான்களின் பகுதியினை, இயக்கக் கொள்கையினைக் கையாண்டு கணக்கிடலாம். இவற்றையும் இவற்றிற்கியைந்த வெப்பநிலைகளையும் ஒரு வரைபடமாக வரைந்தால் கிடைக்கும் வளைகோடு ஆய்வுகளால் கிடைத்த வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்திற்கும் வெப்பநிலைக்குமிடையே வரையப்படும் வளைகோட்டினை (படம் 38) மிகவும் ஒத்திருக்கும். இரண்டாவதாக, சொல்லப்பட்ட கொள்கை சரியானதாக இருந்தால் எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடும்போது அதனை ஒத்த நிகழ்ச்சியாகிய திரவம் ஆவியாதலில் உள்ளதுபோல வெளிவிடும் பொருள் குளிர்ச்சியடைய வேண்டும். இவ் விளைவும் உண்மையில் நிகழக் காணப்பெறுகின்றது.

வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டிற்கு ரிச்சர்ட்சனின் வாய்பாடு: ரிச்சர்ட்சன், ஒரு திரவத்தின் மேற்பரப்பில் ஆவியாதலை ஒப்புமையாகக்கொண்டு வெப்பமின் வெளியீட்டினை அளவறி முறையிலும் (quantitative) ஆராய்ந்தார். இயக்கக் கொள்கையின் தத்துவங்களைக் கையாண்டு வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்திற்கு வெளிவிடும் பொருளின் வெப்பநிலையின் உறுப்புகளில் கீழ்க்கண்ட கோவையை வருவித்தார். அ-து..

$$I = A\, T^{\frac{1}{2}} e^{-b/T}$$

உலோகத்தினுள்ளேயுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வடுவற்ற வாயுவினைப் (perfect gas) போன்றே எல்லாவிடத்தும் ஒழுகவில்லை என மெய்ப்பிப்பதற்குத் தக்க சான்றுகள் உள்ளன. ஆதலால், ரிச்சர்ட்சன் வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டினை ஓரணு வாயு (mona tomic gas) ஆவியாதலுக்கு ஒப்பிட்டு வெப்ப இயக்கவியல் (thermo dynomics) தத்துவங்களைக் கையாண்டு வேறொரு வாய்பாட்டினைப் பின்னர் வருவித்தார். இதில் உலோகத்தினுள் உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் நிலைபற்றி எவ்விதத் தற்புனைவையும் அவர் செய்துகொள்ளவில்லை. ரிச்சர்ட்சனின் T^2 வாய்பாடு எனப்பெறும் இரண்டாவது தொடர்பு

$$I = A\, T^2 e^{-b/T} \qquad \ldots\ldots (2)$$

இங்கே I என்பது வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம், A-ம் b-ம் மாறிலிகள், T என்பது வெளிவிடும் பொருளின் தனிமுதல் வெப்பநிலை.

வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு நடைபெறும் உயர்ந்த வெப்பநிலையினைத் திருத்தத்துடன் அளப்பதில் உள்ள தொல்லைகளினுல் இவ்விரண்டு வாய்பாடுகளில் எது சரியெனத் திட்டவட்டமாக அறுதியிட்டுக் கூற முடிவதில்லை. மாறிலிகளின் மதிப்பை ஏற்ற முறையில் சரிசெய்வதன் வாயிலாக இரண்டையுமே சோதனைகளால் கிடைக்கும் விவரங்களுக்குப் பொருந்துமாறு செய்ய முடியும். ஏனெனில், இரண்டிலுமே எக்ஸ்பொனன்சியல் உறுப்புகள் (exponential terms) உள்ளன. T ஐப் பொறுத்திருக்கின்ற மற்ற இரண்டைக் காட்டிலும் இவை மிகுந்த முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. உலோகங்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் பற்றிய மிகவும் அண்மைக் காலத்திய குவான்டம் கொள்கையின்படி எலெக்ட்ரான்கள் முற்றிலும் கட்டுப்பாடற்றுத் திரியவில்லை; ஓரளவிற்கே தன்னிச்சையாயுள்ளன. அவை கண்டபடி தொடர்பற்ற முறையில் பங்கிடப்பெற்றிருக்கவில்லை; ஆனல், அவை தனித்தனியான ஆற்றலுடைய வேறுபட்ட குவான்டம் நிலைகளில்

உள்ளன. இக் குவான்டம் கொள்கை ரிச்சர்ட்சனால் கொடுக்கப் பட்டதைவிட நிறைவான விளக்கத்தைக் கொடுத்தது. மேலும், இது ரிச்சர்ட்சனின் இரண்டாவது வாய்பாட்டிற்கே ஆதர வளித்தது.

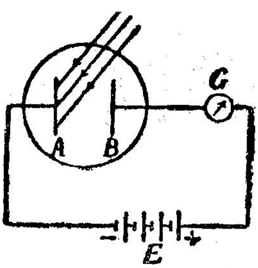
வெப்ப மின்துகள் வேலைசார் பலன் (Thermionic work function): மேற்கூறியதிலிருந்து வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டில் உலோகத்தி லிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வேலை செய்யப்படவேண்டும் என்பது தெளிவு. ரிச்சர்ட்சனின் வாய்பாட்டினை எடுத்துக்கொண்டால், தூய உலோக மேற்பரப்பு களுக்கு A என்னும் அளவு ஓர் உலகப் பொது மாறிலி (universal constant) எனக் கூறச் சான்றும் சிறிதுள்ளது. எனவே, வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு $e^{-b/T}$ என்னும் உறுப்பினால் நிர்ணயிக்கப் படுகின்றது. இதனை $e^{-kb/kT}$ என எழுதி $kb = w$ என இட்டால் $e^{-w/kT}$ என்பதனை நாம் பெறுகின்றோம். w எனும் அளவு உலோ கத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து எலெக்ட்ரான் விடுபடுவதற்குத் தேவையான ஆற்றலாகும். இது வெப்ப மின்துகள் வேலைசார் பலன் (Thermionic work function) எனப்பெறுகின்றது. இதனை வோல்ட்டுகளில் குறிப்பிடுவது வழக்கம். வழக்கமாக இதன் மதிப்பு 4-லிருந்து 6-வோல்ட்டுகள்வரை இருக்கும்.

ஒளிமின் வெளியீடு (Photoelectric Emission)

முன்னுரை: ஒளிமின் வெளியீடு என்பது, பல பொருள்கள் —குறிப்பாக உலோகங்கள்—எக்ஸ் கதிர்கள் (X-rays), புறஊதாக் கதிர்கள் (ultra-violet rays) போன்ற கதிர்வீச்சுகளின் ஆளுகைக் குட்படும்போது எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் நிகழ்ச்சியே. கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளியிலும்கூட இந் நிகழ்ச்சி நடைபெறும். இது 1873-ல் டபிள்யூ. ஸ்மித் (W. Smith) எனும் தந்தி இயக்கு பவரால் (telegraph operator) முதன்முதல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அவர் அட்லான்டிக் கடலின் குறுக்கே செல்லும் கம்பி வடங் களின் (cables) மின்தடையை அளவிடுவதற்கான கருவியில் செலினியத்தாலான (selenium) மின்தடைக் கம்பிகளைப் பயன் படுத்தி. இந்த மின்தடைகளின்மீது சூரிய ஒளி படும்போது சுற்றிலுள்ள மின்னோட்டம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறுகின்றது எனக் கண்டார். 1887-ல், ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) என்பவர் மின் காந்த அலைகளின் தொடர்பாக ஒத்த அதிர்வு மின்சுற்றுகளை (resonance electric circuits) ஆராய்ந்துகொண்டிருக்கும்போது எதேச்சையாக இதே நிகழ்ச்சியினைக் கண்டார். மின்பொறி தாவு இடைவெளியில் (spark gap) புறஊதாக் கதிர்கள் (ultra-violet) விழும்போது மின்பொறி முன்னிலும் எளிதாகச் செல்கின்றது

என அவர் கண்டார். ஓராண்டிற்குப்பின்னர், ஹால்வாஷ் (Hallwachs), எல்ஸ்டர் (Elster), கெய்டல் (Geitel) ஆகியோர் ஹெர்ட்ஸ் Hertz) வெளியிட்ட இப் புதிய நிகழ்ச்சியினை ஆராய்ந்து ஒளி மின்சாரத்தின் அடிப்படைப் பண்புகளை நிலைநாட்டினர். இதைத் தொடர்ந்து ஜே.ஜே. தாம்சன் (J.J. Thomson), லேனார்டு (Lenard), ரிச்சர்ட்சன் (Richardson), காம்ப்டன் (Compton) மற்றும் பல வேறு விஞ்ஞானிகள் விரிவான ஆராய்ச்சிகள் பல செய்தார்கள். அவர்கள், வெளிவிடப்படும் எதிர்மின் துகள்கள், ஒளி மின்னோட்டத்திற்கும் பயன்படுத்தப்பெறும் ஒளியின் செறிவிற்கும் உள்ள தொடர்பு, ஒளிமின் எலெக்ட்ரான்களின் வேகமும் ஆற்றலும், படுஒளியின் அலைநீளத்தை அவை சார்ந்திருக்கும் அளவு போன்ற இந் நிகழ்ச்சியோடு தொடர்புகொண்ட பல முக்கியமான காரணிகளைக் காண்பதற்கு முயன்றனர். இச் சோதனைகளைப்பற்றி மிகச் சுருக்கமாக இங்கே காண்போம். அவற்றிலும் இந் நிகழ்ச்சியை உள்ளடக்கும் அடிப்படை விதிகளை நிலைநாட்டக் கூடியவற்றைச் சிறப்பாகப் பார்ப்போம்.

செய்ம்முறை ஆய்வு : ஹால்வாஷும் (Hallwachs) அவர் உடனுழைத்தோர்களும் (Collaborators) பயன்படுத்திய எளிய அமைப்புமுறை படம் 39-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு குவார்ட்ஸ் குமிழினுள் (quartz bulb) வைக்கப்பட்டுள்ள A, B எனும் இரு தகடுகள் E-என்னும் மின்கல அடுக்கினுடனும் G என்னும் மின்னோட்டம் காட்டியுடனும் (Galvanometer) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்கல அடுக்கின் எதிர்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள A எனும் தகட்டின்மீது புறஊதா ஒளி விழுமாறு செய்யப்படும்போது ஒரு மின்னோட்டம் ஏற்படுவது காணப்பெற்றது. இம் மின்னோட்டத்தை மின்னோட்டங்காட்டி காண்பித்தது. ஆனால், ஒளி நேர்மின் தகட்டின்மீது விழும்போது மின்னோட்டம் எதுவும் ஏற்படவில்லை. எதிர்மின்னேற்றமுடைய பொருள் புறஊதாக் கதிர்களால் ஒளியூட்டப் பெறும்போது அதன் மின்னேற்றத்தை இழக்கின்றது. நேர்மின்னேற்றமுடைய பொருளில் அத்தகைய விளைவு ஏதும் நிகழ்வதில்லை என்பதனை இது காண்பிக்கின்றது. அதனோடு மட்டுமல்லாமல், ஒளியின் செயலால் மின்னேற்றத்தை இழக்கும் பொருள்களிலிருந்து வெளிவிடப்படும் துகள்கள் எதிர்மின்னேற்றமுடையனவ



படம் 39. ஒளிமின்சாரத்தை ஆராயப் பயன்படும் கருவி

வாக இருக்கவேண்டும் என்பதனையும் காட்டுகின்றது. ஏனெனில், அவ்வாறில்லாவிட்டால் நாம் கண்டறிந்த மின்னோட்டத்தினை விளக்கமுடியாது. இம் மின்னோட்டம் நேர்மின் தகட்டைநோக்கி எதிர்மின் துகள்கள் செல்வதால் ஏற்படக்கூடும். ஒளியின் ஆட்சியினால் இவ்விளைவு உண்டாவதால் இது ஒளிமின் விளைவு (photo electric effect) எனவும், அதே காரணத்திற்காக எதிர்மின் துகள்களும் அதனால் விளையும் மின்னோட்டமும் முறையே ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் (photo electrons) எனவும், ஒளிமின்னோட்டம் (photo electric current) எனவும் வழங்கப்பெறுகின்றன. வேறுபட்ட பல பொருள்களினாலான தகடுகளைப் பயன்படுத்தியபோது, நாகம் (zinc), மக்னீஷியம் (magnesium), லிதியம் (lithium), சோடியம் (sodium), பொட்டாஷியம், ருபிடியம் (rubidium) ஆகியவை புறஊதா ஒளிமின் விளைவைக் காட்டின. அவற்றின் செயல் திறம் மேற்கூறிய வரிசையில் அதிகரிக்கின்றது. கார உலோகங்களான (alkali metals) சோடியம், பொட்டாஷியம், ருபிடியம் ஆகியவை கண்ணுக்குப் புலனாகும் சாதாரண ஒளிக்கே உணர்ச்சியுடையன. ஒளிமின் வெளியீடு வெளிவிடும் பொருளின் தன்மையையும் பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் பண்பையும் பொறுத்திருக்கின்றது என்பதனை இது காண்பிக்கின்றது. ஒளிமின் விளைவு மிக உயர்ந்த வெற்றிடத்திலும் நிகழ்கின்றது எனவும் கண்டறியப்பட்டது. இதிலிருந்து வெளிவிடும் பொருளைச் சூழ்ந்துள்ள வாயு இவ்விளைவில் இன்றியமையாத பங்கெதுவும் பெறவில்லை என்பது தெரிகின்றது.

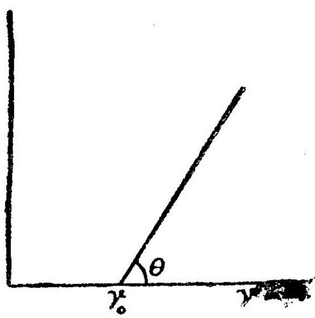


பேராசிரியர் லெனார்டு

1900-ல் லெனார்டும் (Lenard) ஜே. ஜே. தாம்சனும் ஒளிமின் முறையில் வெளிவிடப்படும் துகள்களின் $\frac{e}{m}$ மதிப்பை அளந்து வெளிவிடப்பட்ட துகள்கள் எலெக்ட்ரான்களுடன் முற்றிலும் ஒத்தவையே எனக் காண்பித்தனர். 1912-ல் ரிச்சர்ட்சனும், காம்ப்டனும் நேர்த்தியான, மிகவும் சீரியமுறையில் செய்யப்பட்ட கருவியினைக்கொண்டு கீழ்க்கண்ட விதிகளை நிறுவினார்கள் :

(அ) ஒளிமின்னோட்டத்தின் வலுவு பயன்படுத்தப்பெறும் ஒளியின் செறிவிற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. பயன்படும் ஒளியின் செறிவு எவ்வளவுக்கு எவ்வளவு உயர்வாக இருக்கின்றதோ வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் அவ்வளவுக்கவ்வளவு அதிகமாக இருக்கின்றது. எனவே, அவற்றால் விளையும் மின்னோட்டம் தீவிரமானதாக இருக்கின்றது. எனினும், ஒளிமின்னோட்டமானது ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படும் போது அவற்றை அங்கிருந்து அப்புறப்படுத்துவதற்காகப் பயன்படுத்தப்பெறும் துணைமின் வாய்க்கும் (auxiliary electrode) வெளிவிடும் பொருளுக்கும் இடையேயுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு ஒரு நிறைநிலை மதிப்பை (saturation value) அடைகின்றது. இது வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தில் ஏற்படுவதற் கொப்பானது. ஒளிமின் வெளியீட்டின் பயனுறுதிறன் ஓரளவிற்கு வெளிவிடும் பொருளின் மேற்பரப்பின் தன்மையையும், பயன் படுத்தப்பெறும் ஒளியின் அலைநீளத்தையும் பொறுத்திருந்தாலும், பொதுவாக அது மிகச் சிறியதே. தோராயமாகக் கணக்கிட்டுப் பார்த்தால், சோடியம் போன்ற சிறந்த ஒளி உணர்ச்சியுடைய உலோகத்திலும்கூட நூறு மில்லியன் அணுக்களில் ஒன்றே ஒன்றுதான் ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரானை எந்த ஒரு கணத்திலும் வெளிவிடுகின்றது.

(ஆ) ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் (photo electrons) நேர்வேகமும் அதனால் இயக்க ஆற்றலும் படுஒளியின் செறிவைப் பொறுத்தன வல்ல. பயன்படுத்தப்படும் ஒளியினது அலைவெண் மாறாதிருக்குமானால், ஒளியின் செறிவு என்னவாக இருந்தாலும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின், நேர்வேகமும் இயக்க ஆற்றலும் மாறாதிருக்கின்றன.



படம் 40. $E_{பெருமம்}$ — V வரை கோடு—ஒளி எலெக்ட்ரான்களுக்கு

(இ) ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் நேர்வேகமும் இயக்க ஆற்றலும் படுஒளியின் அலைவெண்ணையே சார்ந்தும் அதற்கு நேர்விகிதத்திலும் இருக்கின்றன. ஒளியின் அலைவெண் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு பெரிதாயிருக்கின்றதோ வெளிவிடப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் நேர்வேகமும் அவ்வளவுக்கவ்வளவு பெரிதாயிருக்கின்றது. அலைவெண் சிறிதானால் வேகமும் குறைவு. எனினும், தொடக்கநிலை அலைவெண் (threshold frequency) எனப்படும் ஒரு சிறும அலை

வெண் (minimum frequency) உள்ளது. இது வெளிவிடும் பொருளின் தன்மையைப் பொறுத்தது. தொடக்கநிலைக்குக் குறைந்த அலைவெண்ணுடைய ஒளியின் செறிவு எவ்வளவு அதிகமாக இருந்தாலும், அது எவ்வளவு நீண்டநேரம் வெளிவிடும் பொருளின்மீது பட்டாலும் அதிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்களை விடுவிப்பதே இல்லை. ஆய்வுகளிலிருந்து கிடைக்கும் விவரங்களான ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலின் பெரும மதிப்பு படுஒளியின் அலைவெண் ஆகியவற்றை இணைத்து ஒரு வரைபடம் வரைந்தால் படம் 40-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் ஒரு நேர்கோடு கிடைக்கின்றது. இக் கோட்டிற்கு அலைவெண்ணைக் குறிக்கும் அச்சில் ν_0 எனும் ஒரு வெட்டுத்துண்டு (intercept) கிடைக்கின்றது. இந்த நேர்கோட்டினது சமன்பாட்டினை

$$\frac{1}{2} mv_{\text{பெருமம்}}^2 = h\ (\nu - \nu_0)$$

என எழுதலாம். இங்கே, h என்பது கோட்டின் சரிவு (slope) ஆகும். இது ஒரு மாறிலி.

$\nu < \nu_0$ ஆக இருக்கும்போது $\frac{1}{2}mv_{\text{பெருமம்}}^2$ எதிர்க்குறியுடையதாக இருக்கும். ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படா எனப் பொருள்படும். எனவே, ν_0 என்பது ஒளிமின் வெளியீட்டின் கீழ்வரம்பை வரையறை செய்யும் தொடக்கநிலை அலைவெண்ணாகும். இது வெளிவிடும் பொருளின் தனிச்சிறப்புப் பண்பு. இதன் மதிப்பு பொருளுக்குப் பொருள் மாறுபடுகின்றது. $h\nu_0$ எனும் அளவு ஒளிமின் வேலைசார் பலன் (photo electric work function) என வழங்கப்படுகின்றது. இது, வெளிவிடும் பொருளின் தளையிலிருந்து எலெக்ட்ரானை விடுவித்து அதனால் அதனை ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரானாக மாற்றுவதற்கு செய்யப்பட வேண்டிய வேலையாகும். 3000—2000° ஆங்ஸ்ட்ராம் என்னும் நீண்ட அலை நீளத்தில் தொடங்கிக் கீழ்நோக்கி செல்லச் செல்ல ஒவ்வோர் உலோகமும் ஒளிமின் விளைவினைக் காட்டுகின்றது. எனவே பொதுவாக எல்லா உலோகங்களும் ஒளிமின் விளைவினை உண்டாக்குகின்றன எனச் சொல்லலாம். கார உலோகங்களின் (alkali metals) தொடக்கநிலை கீழ்ச்சிவப்பில் (infra-red) இருக்கின்றது. எனவே, அவை கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளிக்கும் ஒளி உணர்ச்சி (photo sensitive) உடையனவாக உள்ளன.

(ஈ) ஒளிமின் வெளியீடு உடனடியாக நிகழும் செயலாகும். ஒளியூட்ட ஆரம்பிப்பதற்கும் ஒளிமின்னோட்டம் தொடங்குவதற்குமிடையில் காலதாமதம் எதுவும் ஏற்படுவதாகக் காணப்பெறவில்லை. மிகவும் கவனமான, துல்லியமான அளவீடுகள் கால

தாமதம் எதுவும் இருக்குமானுல் அது 3×10^{-9} விஞடிகளுக்கு மேற் பட்டிருக்காது எனக் காட்டியது உண்மையே.

ஒளிமின் வெளியீட்டோடு தொடர்புகொண்ட வேறு நிகழ்ச்சிகள்

1. ஒளிமின் "உள்" விளைவு (The 'inner' photo electric effect): மேலே பார்த்தது பெரிதும் வெளியே அல்லது மேற்பரப்பில் நிகழும் ஒரு விளைவே. ஆனுல், படுவொளி, பொருளை ஊடுருவிச் செல்லக் கூடுமானுல் "உள்ளிருந்து" அல்லது பருமனிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படும். ஒரு மின்விசை தாங்கும் பொருள் (dielectric) (அரிதிற் கடத்தி) அல்லது உயர்ந்த மின் தடையுள்ள ஒரு பொருள் [சிறிதே கடத்தி (semi-conductor)] ஆகியவற்றின் உட்புறத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் விடுவிக்கப் படும்போது அப் பொருளின் மின்தூண்டும் திறன் எண் (specific inductive capacity) அல்லது மின்கடத்தும் திறன் அதி கரிக்கின்றது. ஒளி மின்கடத்தும் திறம் (photo electric conductivity) எனப்படும் இவ்விளைவு முன்பே கூறியதுபோல முதன்முதலாகச் செலினியத்தில் (selenium) கண்டறியப்பட்டது. கல்லுப்பு (rock salt), ஃப்ளூரைட் (flourite), குவார்ட்ஸ் (quartz), பாரஃபின் (paraffin) போன்ற பொருள்களிலும் எக்ஸ்கதிர் களால் (X-rays) ஒளியூட்டப் பெற்றபோது இவ் விளைவு காணப் பட்டது. எக்ஸ்–கதிர்களால் ஒளியூட்டப்பெறும்போது கந்தகத் தின் மின்கடத்தும் திறன் (electrical conductivity) நூறு மடங் காக உயரக்கூடும். இந்த உள் விளைவில் (inner effect) எலெக்ட் ரான்கள் வெளிப்புறமாக வெளிவிடப்படுவதில்லை என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும்.

(2) ஒளிமின் சோர்வு (Photo electric fatigue): தூய ஓர் உலோகத்தின் ஒளிமின் உணர்ச்சி (photo electric sensitivity) நேரமாக ஆக குறையக் காணப்படுகின்றது. மேற்பரப்பில் கலந் துள்ள மாசுகளின் செயல் விளைவு முற்றிலும் ஆராயப்படாமல் இருந்தவரையில் இது ஒருவகைச் சோர்வு (fatigue) என்றே எண்ணப்பட்டது. ஆனுல் இவ்விளைவு, மேற்பரப்பில் ஆக்ஸிஜன் ஏற்றம் (oxidation) மெதுவாக நடைபெறுவதாலோ அல்லது மேற் பரப்பைச் சூழ்ந்துள்ள வாயுவில் ஒளி எலெக்ட்ரான்களால் தோற்றுவிக்கப்படும் நேர்மின் அயனிகளால் (positive ions) தாக்கப் படுவதாலோ நிகழ்கின்றது என இப்பொழுது தெளிவாகத் தெரி கின்றது. இவற்றுள் முதல் காரணத்திஞல் ஒளிமின் வேலைசார் பலன் (photo electric work function) அதிகமாகின்றது. அதற் கேற்ப ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் குறைவாகத் தோற்றுவிக்கப்படு கின்றன. இரண்டாவது காரணத்திஞல் மேற்பரப்பின் வெப்ப

நிலையில் மாறுதல்கள் உண்டாகின்றன. அதனால் மேற்பரப்பின் தன்மை மாறுகின்றது. 'சோர்விற்'கான இந்த இரண்டாவது காரணம் தூய உலோகங்களில் எழுவதில்லை. மேற்பரப்பில் ஒரு படலமாகப் பூச்சிடப்பெற்ற உலோகங்களுக்கே பொருந்தும்.

(3) **ஒளி ரசாயன விளைவுகள் :** ஒளிமின் வெளியீட்டினால் உண்டாகின்றன. ஒளிப்படத்தகடு (photographic plate) அத்தகைய ஒரு ரசாயன மாற்றத்தின் (chemical reaction) நடைமுறைப் பயனே ஒளிப்படத் தகட்டின்மேல் உள்ள ஊன்பசைக் கரைசலில் (gelatine solution) இடைநிறுத்தப்பட்டுள்ள வெள்ளி உப்புகள் (silver salts) மிகவும் தீவிரமான ஒளி உணர்ச்சி உடையன (photo-sensitive). தகட்டின்மீது படும் ஒளி அயனியாக்கம் செய்கின்றது. அதனால் ஒளிப்படமெடுக்கப்பெறும் பொருளின் ஒரு கண்காணாப் பிம்பம் (invisible image) உருவாகின்றது. மறைந்துள்ள இந்தப் பிம்பம் நிலையானதன்று. எனவே, அதனைத் தகுந்த வினைப்படுத்து பொருள்களைக் (reagents) கொண்டு உருத்துலங்கச் செய்து (develop) பின்னர் நிலைநிறுத்த வேண்டும் (fixed). இல்லாவிடில், ஒளியூட்டப் பெறும்போது உண்டாகி, குழம்பில் (emulsion) சிக்க வைக்கப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் மீண்டும் தாய் அணுக்களுடன் (parents atoms) சேரும்போது அது மறைந்துவிடும். கண்ணால் நாம் பொருள்களைப் பார்க்கும் செயல்கூட ஒரு சாதாரண ஒளிமின் விளைவாகக் காணப்படுகின்றது. ஏனெனில், கண் ஒளியைப் பெறும்போது விழித்திரையில் (retina) மின் மாற்றங்கள் உண்டாகின்றன என்பதற்குச் சில சான்றுகள் உள்ளன.

கொள்கைசார் விளக்கம் : தொன்மையான மின்காந்த அலைக் கொள்கையினால் ஒளிமின் விளைவுகள்பற்றிய, ஆய்வுகளால் நன்கு நிறுவப்பெற்ற உண்மைகளைச் சற்றும் விளக்கமுடியவில்லை. ஏனெனில், முதலாவதாக அக் கொள்கைப்படி, மின்காந்த அலைகளால் ஆன ஒளியானது வெளிவிடும் பொருளின் எல்லா அணுக்களின்மீதும் பட்டுச் செல்கின்றது. மேலும், கதிர்வீசப்பெறும் ஆற்றல் அலைமுகப்பின் (wavefront) முழுப்பகுதியின் மீதும் தொடர்ந்து பரவலாகப் பங்கிடப்படுகின்றது. எனவே, ஏன் ஒரு குறிப்பிட்ட அணுமட்டிலும் பாதிக்கப்பட்டு எலெக்ட்ரானை வெளிவிடவேண்டும். மற்ற அணுக்களும் ஏன் அவ்வாறு செய்யலாகாது என்பதற்குத் தகுந்த காரணமில்லை. காட்டாக, சோடியத்தை எடுத்துக்கொண்டால் அதன் மேற்பரப்பிலுள்ள நூறு மில்லியன் அணுக்களில் குறிப்பாக ஒன்றுமட்டும் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளப்படுவதனைப் பழைய கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்க முடியாது.

இரண்டாவது, இக் கொள்கையின்படி ஒளி அலைகளிலுள்ள மின்புலத்தின் வலுவினால்தான் எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப் படுகின்றன. இப்போது, செறிவு மின்புலத்தின் வலுவிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருப்பதால், செறிவினை அதிகமாக்கினால் புலத்தின் வலுவும் அதிகமாக வேண்டும். அதன் காரணமாக உயர்ந்த நேர்வேகத்துடனும் ஆற்றலுடனும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளி யேற்றப்படவேண்டும். எனினும் ஒளி எலெட்ரான்களின் வேகம் ஒளிச்செறிவைப் பொறுத்திருக்கவில்லை எனக் கண்டறிந்த உண்மை களுக்கு இது முரணாக உள்ளது.

மூன்றாவதாக, ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலைப் பார்க்கும் போது ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் படுஒளியிலிருந்தே ஆற்றலைப் பெறுகின்றன என ஆய்வுகளால் கண்ட உண்மைகள் திண்ண மாகக் காட்டுகின்றன. அது உண்மையானால், தாய் அணு ஆற்றலை ஒளியிடமிருந்து பெற்று அதனை ஒளி எலெக்ட்ரான் களுக்குக் கொடுக்கவேண்டும். ஆனால், பழைய கொள்கையின் அடிப்படையில் பார்த்தால், ஓர் அணு அதன்மீது படுகின்ற மிதமான ஆற்றலையுடைய கண்காணும் ஒளி அலைத் தொடரி லிருந்து போதுமான ஆற்றலை—ஒளி எலெக்ட்ரான் வெளிவிடப் பெறும் நிலையில் உண்மையில் அது பெற்றிருக்கும் ஆற்றல்—பெற்று அதனை எலெக்ட்ரானுக்கு வழங்குவதற்குப் பலமணி நேரம் ஆகும். இருந்தாலும், ஆற்றலூட்டப் பெற்ற ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் ஏறத்தாழ உடனடியாகவே வெளிவிடப்படுகின்றன என்று ஆய்வுகள் காட்டுகின்றன.

இறுதியாக, ஒளிமின் வெளியீட்டு நிகழ்ச்சி ஒவ்வொன்றிலும் தொடக்கநிலை அலைவெண் (threshold frequency) என ஒன் றிருப்பதனைப் பழைய கொள்கையின் அடிப்படையில் புரிந்து கொள்ள முடியாது.

இவ் வுண்மைகளைத் திருப்திகரமான முறையில் விளக்குவதற்கு முற்றிலும் புதியதொரு கருத்தாகிய கதிர்வீச்சு பற்றிய குவான்டம் கொள்கையையே நாடவேண்டியுள்ளது. இக் கொள்கை புதுமைப் பௌதிகத்தின் சிறப்பான திருப்புமுனைகளில் ஒன்றாகும். உண் மையில் ஒளிமின் விளைவும் வேறு ஒன்றிரண்டு நிகழ்ச்சிகளும் சேர்ந்தே இப் புதிய கொள்கைக்கு ஆய்வு அடிப்படையில் மெய்ப் பிக்கத் தேவையான சான்றுகளை வழங்கின. புதுமை பௌதிகத் தின் புதிய, புரட்சிகரமான அடிப்படைக் கோட்பாடுகளை விவா திக்கும் பிந்திய அத்தியாயங்களில் இக் கொள்கையினைப்பற்றிப் பார்ப்போம்.

எலெக்ட்ரான் கற்றைகளின் முக்கியமான நடைமுறைச் சாதனங்கள்

(1) மின்குழாய்கள் (Thermionic valves)

முன்னுரை: மின்குழாய்கள் மிகவும் உயர்ந்த நடைமுறைச் சிறப்பு வாய்ந்தவை. இதற்கு முக்கியமான காரணம் அவை ரேடியோ (radio) அல்லது கம்பியில்லாத் தொடர்பு (wireless communication) முறைகளில் பெரிதும் பயன்படுவதே. இது சைகைகள் (signal), பேச்சுகளை (speeches) (மக்களின் படங்களைக் கூட) ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குக் கம்பிகள் இல்லாமல் மின்காந்த அலைகளை ஊர்திகளாகப் (carriers) பயன்படுத்தி அனுப்பும் அற்புதமான ஒரு முறையாகும். மின்காந்த அலைகளைத் தோற்றுவித்தலும் அவற்றைக்கண்டு பகுத்தலுமே (detection) ரேடியோவின் அடிப்படைத் தத்துவமாகும். அவ் வலைகளைப் போதுமான அளவு செறிவுடன் உண்டாக்கலும், தோற்றுவாயிலிருந்து மிகுந்த தூரத்தில் அவற்றைக் கண்டு பகுத்தலுமே இதிலுள்ள பெரும் இடர்ப்பாடுகள். 1894-ல் சர் ஆலிவர் லாட்ஜ் (Sir Oliver Lordge) மின்காந்த அலைகளை அவற்றின் தோற்றுவாய்க்குச் சேய்மையிலுள்ள ஓரிடத்திலிருந்து முதன்முதல் வெற்றிகரமாகக் கண்டு பகுத்தார். லார்ட் ருதர்ஃபோர்ட் (Lord Rutherford) 1896-ல் அரைமைல் தூரத்தில் இவ் வலைகளைக் கண்டு பகுத்தார். ஆனால், சினோர் மார்க்கோனி (Signor Marconi) (1895—96) கம்பியில்லாத் தொலைபேசி இயலின் (wireless telephony) ஆரம்பநிலைகளில் செய்த குறிப்பிடத்தக்க முன்னேற்றங்களுக்காக அவருக்கு நாம் பெரிதும் கடமைப்பட்டுள்ளோம். எனவே, அவரைத் தற்கால ரேடியோவின் தந்தை என அழைப்பது நியாயமே. தொடக்கத்தில் மின்காந்த அலைகளை உண்டாக்க மின்பொறி (spark) முறை, ஆர்க் (arc) முறை போன்ற பலமுறைகள் கையாளப்பட்டன. சர்

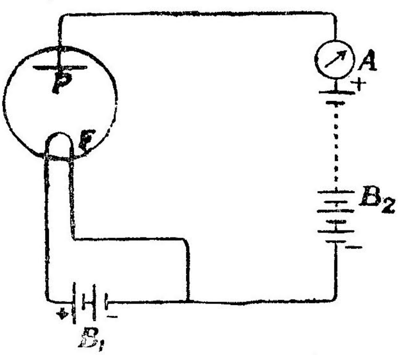


பேராசிரியர் மார்க்கோனி

ஆலிவர் லாட்ஜினது (Sir Oliver Lodge) ஒத்திசைவாக்கி (coherer) ஃபிஸாட்டினது (Fissot) வெப்ப கண்டுபகுப்பான் (thermal detector), மார்க்கோனியினது காந்த கண்டுபகுப்பான் (magnetic detector) போன்ற சாதனங்கள் பகுத்தலுக்கு வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்பெற்றன. ஆனால், சூடாக்கப்பட்ட கம்பியிலிருந்து வெளிவிடப்படும் வெப்ப மின்துகள்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு செய்யப்படும் மின்குழாய்கள் பயனுறுதிறன் (efficiency) குறைந்த பழைய ரேடியோ முறைகளை அகற்றி அவற்றின் இடத்தை முற்றிலும் தாமே கொண்டன. அவை, ரேடியோ விற்கு இன்றியமையாத தேவைகள் யாவற்றையும் ஏறக்குறைய தாமே வழங்கின. அத் தேவைகளாவன: (i) அலைபரப்பிகளிலும் (transmitters), கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பிகளிலும் (super heterodyne receiver) பயன்படுத்தப்படும் தீவிரமான மின்காந்த அலைகளைத் தொடர்ச்சியாக உண்டாக்குதல், (ii) அத்தகைய அலைகளைக் கண்டுபகுத்தல் (detection). குறைந்த அலைவெண்ணுடைய ஒலி அலைகளை உயர்ந்த அலைவெண்ணுடைய ஊர்தி அலைகளிலிருந்து பிரிக்கின்ற நிவர்த்தித்தலையும் (rectification) தொலைவிலுள்ள அலைபரப்பும் நிலையங்களிலிருந்து வரும் வலுக்குறைந்த சைகை களைப் (weak signals) பெருக்குதலும் (amplify) இதில் உள்ளடங்கி யுள்ளன.

இருமுனைக் குழாய் (Diode valve)

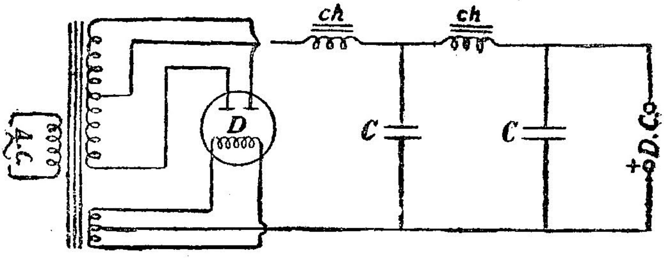
1904-ல் ஃப்ளெமிங்கால் (Fleming) முதல் மின்குழாய் உரு வாக்கப்பட்டது. அது ஃப்ளெமிங் குழாய் (Fleming valve) எனப் படும். அது இப்பொழுது இரு முனைக் குழாய் (diode) அல்லது நிவர்த்திக்கும் குழாய் (recti-fier valve) என வழங்கப்படு கின்றது. அது மிக உயர்ந்த அளவில் வெற்றிடமாக்கப் பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குமிழி னுள் வைக்கப்பட்டுள்ள F எனும் இழையையும் P எனும் தகட்டையும் உடையது (படம் 41). மின்கல அடுக்கு B_1 ஆல் கம்பி எரி ஒளிர்வு நிலைக்குச் சூடாக்கப்படும்போது அது வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டுமுறையினால் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றது. இழையோடு ஒப்புநோக்க ஒரு நேர்மின்னழுத் தத்தை வேறொரு மின்கல அடுக்கு B_2 வினால் தகட்டிற்குக்



படம் 41. இருமுனைக் குழாய்

கொடுத்தால் இழையினுல் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டினுல் ஈர்க்கப்படுகின்றன. அதனுல் இழையிலிருந்து தகட்டை நோக்கி ஒரு மின்னேட்டம் ஏற்படுகின்றது. இதனை மில்லி அம்மீட்டர் (milliammeter) A காட்டும். ஆனுல் F உடன் ஒப்பு நோக்க P-ஐ எதிர்மின்னுடையதாகச் செய்தால் மின்னேட்டம் உண்டாவதில்லை. எனவே F-க்கும் P-க்குமிடையேயுள்ள மின்னேட்டம் ஒருதிசை மின்னேட்டம். எனவே, இவ் வமைப்பினை ஒருவழி அடைப்பு எனப் பொருள்படும் வால்வு (valve) எனவும் வழங்குவது சரியே. தகடு, இழை ஆகிய இரு மின்வாய்களையே இது பெற்றிருப்பதால் இருமுனைக் குழாய் என வழங்கப்படுகின்றது.

இருமுனைக் குழாய் ஒருதிசை மின்னேட்டத்தை உண்டாக்கக் கூடுமாதலால் அதனை ஒரு நிவர்த்திப்பானுகவும் (rectifier) பயன் படுத்தலாம். மின்கல அடுக்கு B_2-ன் இடத்தில் ஒரு இருதிசை மின் அழுத்தத்தை (A.C. potential) இணைத்தால், F உடன் ஒப்பு நோக்க P நேர்மின்னழுத்தம் உடையதாகவுள்ள சுழற்சியின் (cycle) ஒரு பாதியில் மட்டுமே மின்னேட்டம் உண்டாகும். P எதிர்மின்னழுத்தம் உடையதாக உள்ள அடுத்த பாதிச் சுழற்சியில் மின்னேட்டம் இருக்காது இவ்வாறு இருதிசை மின்னேட்டம் (Alternating current) ஒருதிசை மின்னேட்டமாக (Direct current)



படம் 42. இரட்டைமுனைக் குழாய் முழு-அலை நிவர்த்திப்பான்

நிவர்த்திக்கப்படுகின்றது (rectified). இருதிசை மின்னேட்டத்தின் சுழிக் கோட்டிற்கு (Zero line) ஒரு புறத்திலுள்ள அரை அலைகள் மட்டிலுமே கடத்தப்படுவதால் இது 'அரை-அலை நிவர்த்திப்பு (half-wave rectification) எனப்படும். இதில் நேர்மின்னேட்டம் நிலையாக இல்லாமல் துடித்துக்கொண்டே (pulsatory) இருக்கும் "முழு-அலை நிவர்த்திப்பிற்கு" (Full wave rectification) இரட்டை இருமுனைக் குழாய் (duodiode) வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. இக் குழாயில் இரண்டு தகடுகள் ஒரே குமிழினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டுக்கும் ஒரே இழை பயன்படு

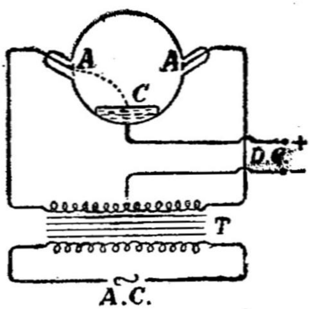
கின்றது. இதனுல் இடமும் பணமும் மிச்சமாகின்றன. இரட்டை இருமுனைக் குழாயானது முழு அலை நிவர்த்திப்பானுகப் பயன்படும் சுற்றின் விளக்கப்படம் (circuit diagram) படம் 42-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. மைய இணைப்புக் கொண்ட (centre tapped) துணைச் சுருளினையுடைய ஒரு மின்மாற்றியும் T (transformer), இரட்டை-இருமுனைக் குழாய் (duo-diode) D-யும் இதன் முக்கியமான பகுதிகளாகும். D-யினது இழை அதற்குத் தேவையான மின்னோட்டத்தை T-யினது துணைச்சுருளின் ஒரு பகுதியிலிருந்து பெறுகின்றது. இருதிசை மின்னோட்டத்தின் தோற்றுவாயினை T-ன் முதன்மைச் சுருளுடன் இணைக்க மின்குழாயின் புறவாயில் (output) ஒருதிசை மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். இதில் இருதிசை மின்னோட்டத்தின் இரு பகுதிகளும் இருக்கும், இரு பாதிகளும் நிவர்த்திக்கப் படுவதால் முழு அலை நிவர்த்திப்புக் கிடைக்கிறது. நிவர்த்திக்கப் பட்ட மின்னோட்டம் இன்னும் அலைபாயும் தன்மையுடையதாகவே இருக்கிறது. அதனுல் புறவாய்ச் சுற்றில் தாழ் அலைவெண் மின் பொருண்மைச் சுருள்களைத் தொடர்நிலையாகவும் (series) மின்னேற்பிகளை இணைநிலையாகவும் (parallel) இணைத்து இந்த நெளிந்த மின்னோட்டம் வடிகட்டப் பெற்றுச் சீராக்கப்படுகிறது. நெளிவு நிமிர்த்தும் மின்பொருண்மைச் சுருளானது ஓர் இரும்பு உள்ளக மின்பொருண்மைச் சுருள் (iron cored inductance) ஆகும். இது இருதிசை மின்னோட்டத்தினை அதிகமாகவும் ஒருதிசை மின்னோட்டத்தினைக் குறைவாகவும் தடுக்கிறது. மின்னேற்பியானது நேர் மின்னோட்டம் செல்லாமல் காப்பிடுகின்றது. ஆனுல், அதன் மின்தடுப்பு $\frac{1}{\omega C}$ ஆல் கொடுக்கப்படும். எனவே, ஒரு இருதிசை மின்னழுத்தம் மின்பொருண்மைக் சுருளின் குறுக்கேயும் ஒரு திசை மின்னழுத்தம் மின்னேற்பியின் குறுக்கேயும் உண்டாகின்றன. மின்னேற்பி நேர்மின்னோட்டத் தேக்கமாக (reservoir) தொழிற்படுகிறது.

இவ் வகை அமைப்புகள் அலைபரப்பி, அலைஏற்பி ஆகிய இரு ரேடியோக் கருவிகளிலும் அதிக அளவில் பயன்படுகின்றன. அவை ஆற்றல் பெட்டகங்கள் (power packs) எனப்பெறும். உயர்ந்த இருதிசை மின்னழுத்தத்தைச் (high voltage A.C.) நிவர்த்திப்பதற்குப் பயன்படும் இருமுனைக் குழாய்கள் கினேட்ரான்கள் (kenotrons) எனப்பெறும். நான்கு கினேட்ரான்கள் சேர்ந்த அமைப்பினுல் முழு-அலை நிவர்த்திப்பைச் செய்யமுடியும். இவ் வமைப்பில் ஒரு பாதிச் சுழற்சியின்போது (half cycle) ஒரு சோடி வேலை செய்ய மற்றொரு சோடி சோம்பி இருக்கும். எனவே, முழு அலையின் ஆற்றலும் கிடைக்கின்றது.

டங்கர் நிவர்த்திப்பான் (Tungar rectifier) : உயர்ந்த இருதிசை மின்னழுத்தத்தைச் சிறிய மின்னோட்டத்தில் நிவர்த்திப்பதற்கு உயர்வெற்றிட இருமுனைக் குழாய்களே (high vacuum diodes) போதுமானது. ஆனாலும், இருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாயி லிருந்து (A.C. mains) சேம மின்கலன்களுக்கு (accumulators) மின்னூட்டம் கொடுப்பதற்கு உயர்ந்த மின்னோட்டத்தில் உள்ள குறைந்த மின்னழுத்தம் தேவை. எனவே, இதற்கெனத் தனியான, வாயு நிரப்பிய இருமுனைக் குழாய்கள் (gas filled diodes) பயன் படுத்தப்படுகின்றன. கடையில் கிடைக்கக்கூடிய அத்தகைய ஒரு நிவர்த்திப்பான் டங்கர் நிவர்த்திப்பானாகும் (Tungar rectifier). இது கிராபைட் நேர்மின்வாய்க்கு (graphit anode) மிகவும் அருகில் அமைந்துள்ள ஒரு கனமான டங்ஸ்டன் இழையை (tungston filament) உடையது. அவ் விரண்டும், ஏறத்தாழ $\frac{1}{10}$ வரை அழுத்தத்தில் (atmospheric pressure) ஆர்கானால் நிரப்பப் பட்டுள்ள ஒரு கண்ணாடிக் குமிழினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஆர்கான் வாயுவின் மூலக்கூறுகளில் மோதலினால் ஏற்படும் அயனி யாக்கம் காரணமாக எலெக்ட்ரான்கள் தோற்றுவிக்கப்படு கின்றன. அதனால் இழை-தகடு மின்னோட்டம் (filament-plate current) அதிகமாகின்றது. அதனோடு மட்டுமல்லாமல் இவ் வயனியாக்கத்தால் நேர்மின் அயனிகளும் தோற்றுவிக்கப்படு கின்றன. அவை இடமின்னேற்ற விளைவினை (space charge effect) ஈடுகட்டுகின்றன. அதனால் மின்னோட்டம் நிறைநிலையாதல் தடுக்கப்படுகின்றது. இவ்வகை நிவர்த்திப்பான்களில் இழையைச் சூடாக்கக் குறைந்த ஆற்றல் போதும். இவற்றின் தகட்டிற்கு மின் குழாயில் கொடுப்பதைவிடக் குறைந்த மின்னழுத்தந் தந்தாலும் வேலை செய்கின்றன. இவை மின்குழாய்களைவிட மிகுந்த பயனுறு திறன் உடையன. ஒரே குமிழினுள் தகுந்த முறையில் இரு நேர் மின்வாய்களை அமைத்து அவற்றைச் சரியான முறையில் இணைத் தால் அது பயனுறுதிறன் மிக்க முழு-அலை நிவர்த்திப்பானாக உருவாகின்றது. நிவர்த்திக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் தாழ் அலை வெண் மின்பொருண்மைச் சுருள்களைத் தொடர்நிலையிலும், மின் னேற்பிகளை இணைநிலையிலும் புறவாய்ச் சுற்றில் இணைப்பதன் வாயிலாக வடிகட்டப்பெற்றுச் சீராக்கப்படுகின்றது.

பாதரச ஆர்க் நிவர்த்திப்பான்கள் (Mercury arc rectifires) : இவை வாயு நிரப்பிய இருமுனைக் குழாய்களே. எலெக்ட்ரான் களின் தோற்றுவாயாக இழைக்குப் பதிலாக மிக உயர்ந்த அளவில் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு குமிழினுள் உள்ள ஒரு பாதரசக் குட்டை C (mercury pool) பயன்படுகிறது (படம் 43). உலோகம்

அல்லது கிராஃபைட்டாலான இரு நேர்மின் வாய்கள் (A A) குமிழினுள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. குமிழினைச் சாய்த்துப் பாதரசம் சரியான நேர்மின் வாயினை ஒரு கணநேரம் தொடுமாறு செய்து ஆர்க்கினைத் தொடக்கிவிட்டால் நேர்மின் வாய்க்கும் குட்டையில் ஓரிடத்துக்குமிடையே மின்னிழப்பு ஏற்படுகின்றது. எதிர்மின் வாயின் இந்தச் சூடான இடம் எலெக்ட்ரான்களின் தோற்றுவாயாகச் செயல்படுகின்றது. மோதலினால் அயனியாக்கப்பட்ட பாதரச ஆவியின் அணுக்கள் கூடுதலான எலெக்ட்ரான்களையும் இட மின்னேற்றத்தை (space charge) ஈடுகட்டும் நேர்மின் அயனிகளையும் வழங்குகின்றன. பி. கூப்பர்-ஹிவிட் (P. Cooper-Hewitt) ஆகியோர் 1903-ல் பாதரச ஆர்க் நிவர்த்திப்பானின் தத்துவத்தை முதன்முதல் கண்டார்கள். ஆரம்பகால மாதிரிகள் எல்லாம் கண்ணடிக் குமிழ் வகையினவே. இதனால் ஒரு தனிக் கருவியின் வெளிப்பாட்டுத்திறன் ஒப்பீட்டில் மிகக் குறைந்ததாகவே இருந்தது. பின்னர்க் கண்ணடிக் குமிழின் இடத்தில் எஃகு தொட்டி (steel tank) பயன்படுத்தப்பெற்றது. இது கிட்டத்தட்ட 5000 கிலோ வாட் ஆற்றலை 6000 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தில் கொடுத்தது. பாதரச ஆர்க் நிவர்த்திப்பான்கள் நிலையானவை; சத்தமில்லாமல் வேலை செய்பவை; பயனுறுதிறன் மிக்கவை. இவை அவற்றின் நடைமுறை அனுகூலங்கள் ஆகும்.



படம் 43. பாதரச ஆர்க் நிவர்த்திப்பான்

பாதரச ஆர்க் நிவர்த்திப்பானைக்கொண்டு முழு-அலை நிவர்த்திப்பை அடைவதற்கு, படம் 43-ல் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு சுற்று அமைக்கப்படுகின்றது. இருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாய் மின் மாற்றி T-யின் முதன்மைச் சுருளுடன் இணைக்கப்படுகின்றது. மின் மாற்றியின் துணைச்சுருள் மைய இணைப்பிற்குத் தகுந்த முறையில் உள்ளது. மைய இணைப்புமுனை ஒருதிசை மின்னோட்ட வெளிப்பாட்டின் (D.C. output) எதிர்முனையுடன் இணைக்கப்படுகின்றது. பாதரசக் குட்டையிலிருந்து எடுக்கப்படும் இணைப்பு D.C. வெளிப்பாட்டின் நேர்முனையாகத் தொழிற்படுகின்றது. நிவர்த்திக்கும் செயலைக் கீழ்க்கண்டவாறு சுருக்கமாகக் கூறலாம். வழங்கப்படும் A.C. மின்னழுத்தத்தின் சுழற்சிகள் மாறிமாறி வரும்போது, துணைச்சுருளின் முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள இரு நேர்மின் வாய்களும் மாறி மாறி நேர்மின்னுடையனவாக—துணைச்சுருளின்

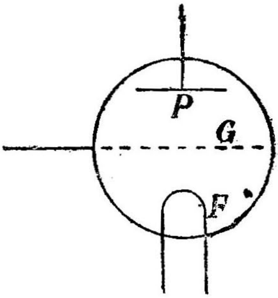
மைய இணைப்பு முனையுடன் ஒப்புநோக்க—ஆகின்றன. எனினும், ஆர்க்கினைப் பாதரசக் குட்டைக்கும் அந்த நேரத்தில் நேர்மின்னுடையதாக விளங்கும் நேர்மின் வாய்க்கும் இடையில்தான் நிலை நிறுத்த முடியும். எனவே, ஆர்க்கானது பாதரசக் குட்டையிலிருந்து ஒரு நேர்மின் வாய்க்கும் மற்றொன்றிற்குமாக மாறி மாறிப் பாயும். ஆகையால், துணைச்சுருளின் மையத்துடன் ஒப்பிடப் பாதரசக் குட்டை எப்பொழுதும் நேர்மின்னுடையதாகவே உள்ளது. இவ்வாறு நேர்மின்னோட்ட வெளிப்பாட்டு முனைகளில் நிவர்த்திக்கப்பட்ட ஒரு மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது.

இருமுனைக் குழாய்கள், தற்காலத்தில் ரேடியோக்களில் கண்டுபகுப்பான் அல்லது பண்பிறக்கி (demodulator) ஆகவும் பயன்படுகின்றன. பண்பேற்றப்பெற்ற உயர் அலைவெண் அலையை ஏற்பியில் பொறுக்கியெடுத்து நேராகத் தொலைபேசிக்கு அனுப்பினால் மூலசைகை அல்லது ஒலி மீண்டும் வெளிவராது. ஏனெனில், பண்பேற்றும் சைகையின் ஒரு முழுச் சுழற்சியில் தூண்டப்பெறும் மின் இயக்கு விசையின் சராசரி விளைவு சுழியாகும். ஆனால், பெறப்படும் மின்னோட்டத்தை இருமுனைக் குழாய் ஒன்றினைக் கொண்டு முதலில் நிவர்த்தித்தால் தொலைபேசியில் உண்டாகும் துடிப்புகள் ஒரே திசையிலிருக்கும். இத் துடிப்புகள் பண்பேற்றும் சைகைக்கு ஏற்ப எதிரளிக்கும் (respond). கண்டுபகுத்தலைத் தொடர்ந்து பெருக்கும் நிலைகளை உடையதும் மிகுந்த உணர்திறம் தேவையில்லாததுமான அலை ஏற்பிகளில் இருமுனைக் குழாய்க் கண்டுபகுப்பான்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

மும்முனைக் குழாய் (Triode valve)

இருமுனைக் குழாயினிடத்தை மிகுந்த பயனுறு திறனுடைய மும்முனைக் குழாய் எனப்படும் மின்குழாய் கைப்பற்றியது. இதில் இடைவாய் (grid) எனப்படும் மூன்றாவது மின்வாய் ஒன்று இழைக்கும் தகட்டிற்குமிடையேயுள்ளது. இது முதன்முதலாக ஜெர்மனியில் லீபென் (Lieben, *1906*) என்பவராலும், பின்னர் அமெரிக்காவில் லீ டி ஃபாரெஸ்ட் (Lee de Forest, *1907*) என்பவராலும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. மும்முனைக் குழாய் மிக உயர்ந்த அளவில் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குமிழினை உடையது. இதனுள் கீழ்க்கண்டவை உள்ளன: (i) ஓர் இழை (*F*). இது வழக்கமாகத் தோரியமிடப்பட்ட டங்ஸ்டன் (thoriated tungsten) அல்லது ஆக்சைடுகளால் பூச்சிடப்பெற்ற பிளாட்டினத்தால் செய்யப்படுகின்றது. இதனால் வெப்பமின் எலெக்ட்ரான்கள் குறைந்த வெப்பநிலைகளிலும் நிறைய வெளியிடப்படுவதற்கு ஏதுவாகின்றது.

(ii) இடைவாய் (G). இது இழைக்கு மேலே வைக்கப்பட்டுள்ள தட்டையான ஓர் உலோக வலையாகவோ அல்லது இழையை அச்சாக உடைய ஒரு கம்பிச் சுருளாகவோ இருக்கலாம். (iii) ஒரு தகடு அல்லது நேர்மின்வாய் (P). இது, இடைவாயானது சுருள் வடிவிலிருந்தால் அதைச் சூழ்ந்துள்ள ஓர் உருளையாகவும், இடைவாய் தட்டையாக இருந்தால் தட்டையான ஒரு தகட்டு வடிவிலும் இருக்கும். மும்முனைக் குழாயின் வடிவமும் அதன் மூன்று மின் முனைகளின் அமைப்பும் மிகவும் வேறுபட்டிருந்தாலும் சாதாரணமாக, விளக்கப்படமாக வரையும்போது படத்தில் காட்டியுள்ளது போலவே அது காட்டப்படுகின்றது. இழையினைச் சூடாக்குவதற்குத் தேவையான மின்னோட்டத்தை அளிக்கும் தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்கினுடன் அதனை இணைப்பதற்காக இழை இரண்டு இணைப்புக் கால்களைப் (leads) பெற்றிருக்கின்றது. இடைவாயும், தகடும் ஒவ்வோர் இணைப்புக் காலே பெற்றுள்ளன. அதனால் மின்கல அடுக்குகளைப் பயன்படுத்தி அவற்றை நாம் விரும்பும் எந்த ஒரு மின்னழுத்தத்திலும் வைக்கமுடியும். மின்குழாயின் மூன்று மின்வாய்களும் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்று நன்றாகக் காப்பிடப்பட்டுள்ளன (insulated). அவற்றிலிருந்து வரும் இணைப்புக் கால்கள் குமிழினது பிடிப்பியின் (holder) மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள தனித்தனி முனைகளுடன் (terminals) இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 44. மும்முனைக் குழாய்

மும்முனைக் குழாய்ச் செயல் தத்துவம்: இடைவாய் இல்லாதபோது, இழையோடு ஒப்பிட, தகடு ஒரு நேர்மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றிருந்தால் வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் ஏற்படுகின்றது. இது இருமுனைக் குழாயில் நிகழ்வதற்கொப்பாகும். இவ்வோட்டத்திற்கு நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் (anode current) அல்லது தகட்டு மின்னோட்டம் (plate current) எனப் பெயர். வழக்கமாக இது சில மில்லி ஆம்பியர்கள் (milliamperes) இருக்கும். தகட்டின் மின்னழுத்தம் உயரஉயர இதன் வலுவும் அதிகரித்துக்கொண்டே போய், இழையைச் சுற்றியுள்ள இடமின்னேற்ற விளைவினால் (space charge effect) ஒரு நிறைநிலையை அடைகின்றது. இடைவாயினை இந்த இடமின்னேற்றத்தை ஆளுவோனாகக் கருதலாம். இழையோடு ஒப்பிட இடைவாய் எதிர்மின்னழுத்தம் பெற்றிருந்தால், இழை வெளிவிடும் எலெக்ட்ரான்களை இது எதிர்த்து விலக்கும். இடமின்னேற்ற விளைவு அதிகமாகின்றது என்பதே

இதன் பொருளாகும். இதன் விளைவாகத் தகட்டு மின்னோட்டம் குறைகின்றது. மாறாக, இடைவாய் நேர்மின்னழுத்தம் பெற்றிருந்தால் எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டை நோக்கிச் செல்ல உதவும். அதனால் இடமின்னேற்றம் குறைகின்றது. எனவே, தகட்டு மின்னோட்டம் அதிசமாகும். இவ்வாறு இடைவாய் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதன் வாயிலாகத் தகட்டு மின்னோட்டம் விருப்பத்திற்கேற்பக் கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றது. மேலும், இடைவாய், மின்னழுத்தத்தின் சில குறிப்பிட்ட மதிப்புகட்கு அதில் ஏற்படும் மிகச்சிறு மாறுதலும் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் பெரும் மாறுதலை விளைவிக்கின்றது. இடைவாய் இல்லாமலிருந்தால், தகட்டின் மின்னோட்டத்தில் அதே அளவு மாறுதலை விளைவிக்கத் தகட்டின் மின்னழுத்தத்தைப் பத்து மடங்கு உயர்த்தவேண்டும். இடைவாய்க்கு ஒரு நிலையான மின்னழுத்தத்தை ஊட்டுவதற்கு ஆற்றல் செலவு எதுவும் தேவையில்லை என்றே சொல்லலாம். இடைவாய்ச் சுற்றில் (grid circuit) ஓம் வகைத் தடையினால் (ohmic resistance) ஒரு சிறு இழப்பு மட்டிலுமே உண்டாகும். இடைவாய் மிகவும் சிக்கனமானது. அதே நேரத்தில் தகட்டு மின்னோட்டத்தை ஆட்சி செய்வதில் மிகுந்த பயனுறுதிறன் உடையது. இவ்வகையில் இது, ஒரு குழாயில் செல்கின்ற நீராவியின் ஓட்டத்தை ஒழுங்கு படுத்தும் ஒருவழி அடைப்பினை (valve) ஒத்தது. மின்குழாய்களை வெப்ப மின்துகள் ஒருவழி அடைப்பு (thermionic valve) என வழங்குவதற்கு இது மற்றுமொரு காரணமாகும். இடைவாய்ச் சுருளாகவோ அல்லது வலைக்கண்ணாகவோ (mesh) திறப்பாகச் செய்யப்பட்டுள்ளதால் இது சாதாரண நிலைகளில் வேலை செய்யும் போது குறிப்பிடத்தக்க அளவிற்கு எலெக்ட்ரான்களைச் சேகரிப்பதில்லை அதனால் இடைவாய்ச் சுற்றில் செல்கின்ற மின்னோட்டம் சாதாரணமாக இல்லையென்று சொல்லுமளவிற்கு மிகக் குறைவாகவே இருக்கின்றது.

மும்முனைக் குழாயின் தற்சிறப்புக் கோடுகள்: மும்முனைக் குழாயின் நோக்கத்தையும் பயனையும் அது செயல்படும்போது மாறுகின்ற பல அளவுகட்கிடையே வரையப்படும் வரைபடங்களைக் கொண்டு எளிதில் புரிந்துகொள்ளலாம். ஐந்து வேறுபட்ட மாறும் அளவுகள் உள்ளன.

அவற்றுள் மூன்று மின்னோட்டங்கள் ஆகும். அவையாவன: (அ) சூடாக்கும் அல்லது இழையின் மின்னோட்டம். அ-து., இழை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுமாறு செய்வதற்கேற்ப அதனைச் சூடாக்கும் மின்னோட்டம். (ஆ) நேர்மின்வாய் அல்லது தகட்டு மின்னோட்டம் அ-து., தகட்டைநோக்கிப் பாயும் வெப்ப மின்

துகள் ஓட்டம். (இ) இடைவாய் மின்னோட்டம் அ-து.,. இடைவாயைநோக்கிப் பாயும் வெப்ப மின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதி. மற்ற இரண்டும் மின்னழுத்தங்கள், அவையாவன: (அ) நேர்மின் வாய் அல்லது தகட்டின் மின்னழுத்தம். இது மற்றவற்றினும் உயர்ந்த மதிப்புடையது. இழையுடன் ஒப்பிட இது எப்பொழுதும் நேர்மின்னழுத்தமாகவே இருக்கும். (ஆ) இடைவாயின் மின்னழுத்தம் (grid potential). இது சற்றுக் குறைந்த மதிப்புடையது. இழையுடன் ஒப்பிட நேர் அல்லது எதிர் மின்னழுத்தமாக இருக்கும்.

இந்த அளவுகளுள் ஏதேனும் இரண்டிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு ஒரு தற்சிறப்புக் கோட்டினை (characteristic curve) உருவாக்குகின்றது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட மும்முனைக் குழாய்க்குப் பல தற்சிறப்புக் கோடுகள் இருக்கமுடியும். காட்டாக, (1) இழையின் மின்னோட்டத்திற்கேற்ப தகட்டு மின்னோட்டத்தின் மாற்றம்—வெப்ப மின் துகள் தற்சிறப்புகள் (thermionic characteristics), (2) தகட்டின் மின்னழுத்தத்திற்கேற்ப தகட்டு மின்னோட்டத்தின் மாற்றம்—நேர்மின்வாய் தற்சிறப்புகள் (anode characteristics), (3) இடைவாய் மின்னழுத்தத்திற்கேற்ப இடைவாய் மின்னோட்டத்தின் மாற்றம்—இடைவாய் தற்சிறப்புகள் (grid characteristics), (4) இடைவாய் மின்னழுத்தத்திற்கேற்ப தகட்டு மின்னோட்டத்தின் மாற்றம்—ஒன்றுக்கொன்றான தற்சிறப்புகள் (mutual characteristics).

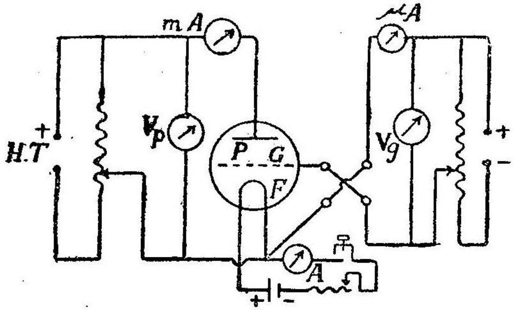
ஒவ்வொன்றிலும் தகட்டின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதன் வாயிலாகத் தற்சிறப்பு வளைகோடுகளின் ஒரு முழுத் தொகுதியையே பெறமுடியும். இந்த வளைகோடுகளில் சில மற்றவற்றைக் காட்டிலும் மிகுந்த முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. காட்டாக, நாம் இப்போது பார்க்கப்போவது போல, ஒன்றுக்கொன்றான தற்சிறப்புகளே யாவினும் மிகுந்த இன்றியமையாமையுடையன. நிலை-தற்சிறப்புகள் (static characteristics), இயக்கத் தற்சிறப்புகள் (dynamic characteristics) என இருவகையாக இத் தற்சிறப்புகளை வேறுபடுத்திக் காண்பது வழக்கம். இவற்றுள் முதலாவது, ஒரு குறிப்பிட்ட காரியத்திற்கு மின்குழாயைப் பயன்படுத்த அதன் தகுதிகளைப்பற்றிப் பொதுவான குறிப்புகளைக் கொடுக்கும். பின்னது, மின்குழாய் வேலை செய்யும் போதுள்ள உண்மையான நிலைகளில் பல்வேறு தொடர்புகளை வரையறை (define) செய்யும். இந்நிலைகளில் தகட்டின் சுற்றில் உள்ள புற மின்தடை (external resistance) அல்லது மின்தடுப்பு (impedance), வெளிக் காரணங்களால் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் போன்ற பல புதிய காரணிகள் செயல்படுகின்றன. இருவகை

வளைகோடுகளும் வழக்கமாக ஒன்றுயிருப்பதில்லை. இயக்கக் கோடுகளை வரைவதில் தனியான தொல்லைகள் உள்ளன. ஏனெனில், மாறுகின்ற சிக்கலான காரணியான புறச் சுற்றினை (external circuit) இவை மிகவும் சார்ந்துள்ளன. எனவே, ஒரு மின் குழாயின் பண்புகளையும் மதிப்பெண்களையும் நிலை-கோடுகளைக் கொண்டே வரையறை செய்வது வழக்கம்.

ஒரு மும்முனைக் குழாயின் நிலை-தற்சிறப்புக் கோடுகளைப் படம் 45-ல் காண்பித்துள்ள எளிய அமைப்பினைக் கொண்டு எளிதாகப் பெறலாம். மின்குழாயின் மூன்று பகுதிகளுக்கும் மூன்று சுற்றுகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

(1) இழைச் சுற்று (Filament circuit): தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்கு (2-லிருந்து 4 வோல்ட்டுகள்), ஒரு தடைமாற்றி (rheostat), ஓர் அம்மீட்டர் ஆகியவை யாவும் இழையுடன் தொடர்நிலையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதனுல் இழை சூடாக்கப்படுகிறது.

(2) தகட்டுச் சுற்று (Plate circuit): மின்னழுத்த அளவி அமைப்போடு கூடிய ஓர் உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கின் நேர்முனை தகட்டுடனும் எதிர்முனை இழையுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வாறு, தகட்டின் மின்னழுத்தம்—இழையுடன் ஒப்பிட—0-லிருந்து 200 வோல்ட்டுகளில் எம் மதிப்பையும் பெறுமாறு



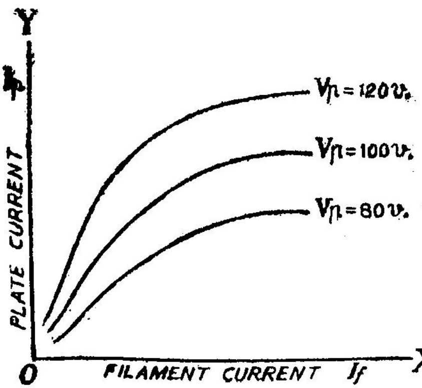
படம் 45. மும்முனைக் குழாயின் தற்சிறப்புகளை ஆராயப்பயன்படும் சுற்று

மாற்றியமைக்க முடிகிறது. இச் சுற்றில் தொடர்நிலையிலுள்ள மில்லி அம்மீட்டர் (mA) தகட்டின் மின்னேட்டத்தை அளக்கிறது; இணைநிலையிலுள்ள வோல்ட்மீட்டர் (V_p) தகட்டிற்கு உண்மையில் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தை அளக்கிறது.

(3) இடைவாய்ச் சுற்று (Grid circuit): இதனினும் குறைந்த அழுத்த (ஏறத்தாழ 20 வோல்ட்டுகள்) மின்கல அடுக்கு ஒன்று மின்போக்கு மாற்றி (commutator) ஒன்றின் வழியாக இடை

வாய்க்கும் இழைக்குமாக இணைக்கப்படுகிறது. மின்போக்கு மாற்றியினால் இடைவாயை இழையோடு ஒப்பிட நேர் அல்லது எதிர் மின்னழுத்தமுடையதாகச் செய்யமுடியும். மிகவும் சிறிதாகிய இடைவாய் மின்னோட்டத்தை அளக்க ஒரு மைக்ரோ அம்மீட்டரும் (micro ammeter) (μA) இடைவாய் மின்னழுத்தத்தை அளக்க ஒரு வோல்ட்மீட்டரும் (V_g) இச்சுற்றில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

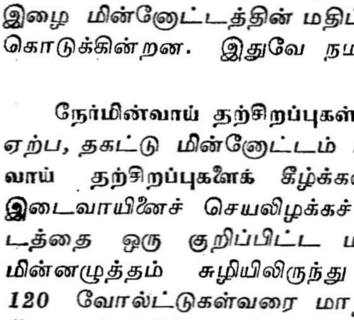
வெப்ப மின்துகள் தற்சிறப்புகள் : இவை, இழையைச் சூடாக்கும் மின்னோட்டத்தை ஒட்டித் தகட்டின் மின்னோட்டம் மாறுவதனைக் கொடுக்கின்றன. இங்கே, இடைவாய் நேராக இழையின் எதிர்மின் பக்கத்துடன் இணைக்கப்படுவதால் அது செயலிழந்து போகிறது. தகட்டிற்கு ஓர் உயர் நேர்மின்னழுத்தம்—காட்டாக, 80 வோல்ட்டுகள்—கொடுக்கப்படுகின்றது. தடைமாற்றியினைச் சரிசெய்வதன் வாயிலாகச் சூடாக்கும் மின்னோட்டத்தின் மதிப்புச் சிறிதாக்கப்படுகின்றது. இது இழைச் சுற்றிலுள்ள அம்மீட்டரால் அளக்கப்படுகின்றது. தகட்டின் சுற்றில் ஏற்படும் வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் அங்குள்ள மில்லி அம்மீட்டரால் அளக்கப்பெறும். அடுத்து, சூடாக்கும் மின்னோட்டம் படிப்படியாக அதிகரிக்கப்பட்டு அதன் ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும் இயைந்த தகட்டின் மின்னோட்டம் அளக்கப்படுகிறது. கிடைத்த விவரங்களிலிருந்து தகட்டின் மின்னோட்டத்திற்கும் (I_p) இழை மின்னோட்டத்திற்கும் (I_f) இடையே ஒரு வரைபடம் வரையப்படுகின்றது. தகட்டின் மின்னழுத்தத்தின் வேறு மதிப்புகட்கும்—(காட்டாக 100, 120 வோல்ட்டுகள்) —திரும்ப அளவீடுகள் எடுக்கப்பெற்று வரைபடங்கள் வரையப்பெறுகின்றன. சோதனையின்போது இழை மின்னோட்டம், தகட்டின் மின்னழுத்தம் ஆகியவை பத்திரமாக வரம்புகளுக்கு மேற்படாமல் கவனமாகப் பார்த்துக்கொள்ளப் பெறுகின்றன. இவ்வாறு கிடைத்த வளைகோடுகள் படம் 46-ல் காட்டியுள்ளது போன்றிருக்கும். I_f-ன் மதிப்பு அதிகமாக ஆக I_p-ன் மதிப்பு முதலில் மெதுவாகவும் பின்னர் மிக



படம் 46.
$I_p - I_f$ வளைகோடுகள்-மும்முனைக் குழாய்

விரைந்தும் அதிகரிக்கின்றது. V_p-ன் ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும் I_f-ன் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பில் I_p ஒரு பெருமத்தை அடைகின்றது. வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டினை, வெப்பநிலைக்கேற்ப எலெக்ட்ரான் வெளியீடு மாறுதல், இடமின் விளைவின்மீது தகட்டிற்குக் கொடுக்கப்படும் நேர்மின் அழுத்தத்தின் விளைவு ஆகியவற்றின் அடிப்படையில் பார்த்தபோதே இவ் வளைகோடுகளின் தன்மையை விளக்கிவிட்டோம். தகட்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தத்தில் மிக உயர்ந்த வெப்ப மின்துகள் ஓட்டத்தைக் கொடுக்கக்கூடிய இழை மின்னோட்டத்தின் மதிப்பை இந்த வளைகோடுகள் நமக்குக் கொடுக்கின்றன. இதுவே நமக்கு இப்போது தேவையானது.

நேர்மின்வாய் தற்சிறப்புகள் : தகட்டின் மின்னழுத்தத்திற்கு ஏற்ப, தகட்டு மின்னோட்டம் மாறுவதைக் கொடுக்கும் நேர்மின் **வாய் தற்சிறப்புகளைக்** கீழ்க்கண்டவாறு பெறலாம். மீண்டும் இடைவாயினைச் செயலிழக்கச் செய்துவிட்டு இழை மின்னோட்டத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட மாறா அளவில் வைத்து, தகட்டு மின்னழுத்தம் சுழியிலிருந்து கிட்டத்தட்ட 100 அல்லது 120 வோல்ட்டுகள்வரை மாற்றப்படுகின்றது. தகட்டின் ஒவ்வொரு நேர்மின்னழுத்தத்திற்கும் தகட்டு மின்னோட்டம் அளக்கப்படுகின்றது. இழைமின்னோட்டத்தின் வேறு உயர்ந்த மதிப்பிற்குச் சோதனை திரும்பச் செய்யப்படுகின்றது. I_p, V_p ஆகியவற்றை இணைத்து வரைந்த வரைபடங்கள் படம் 47-ல் காட்டியுள்ளது போல் இருக்கும். I_f-ன் மதிப்பு என்னவாக இருந்தாலும், V_p சுழியாக இருக்கும்போது I_p-ம் சுழியாக இருக்கக் காணப்படுகின்றது. தகட்டிற்கு எதிர்மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்துச் சோதனை செய்தால் மின்குழாயினுள் உள்ள வெற்றிடத்தைப் பழுதாக்கினால் ஒழிய, தகட்டு மின்னோட்டம் ஏற்படுவதில்லை. மின்குழாயில் பாய்வது ஒருதிசை மின்னோட்டமே என இது காண்பிக்கிறது. எனவே, மும்முனைக் குழாயினை



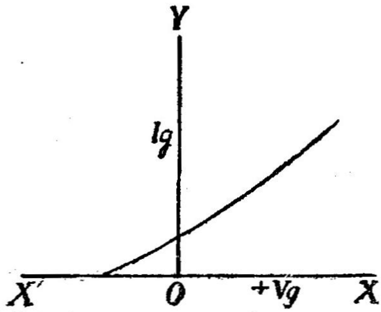
படம் 47. $I_p - V_p$ வளைகோடுகள்—மும்முனைக் குழாய்

இருமுனைக் குழாய்போன்றே ஒரு நிவர்த்திப்பானகப் (rectifier) பயன்படுத்தலாம். ஆனால், இது வேலை செய்யும் சாதாரண நிலைகளில் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் ஆட்சியினால் அரைகுறை நிவர்த்திப்பையே கொடுக்கின்றது. நேர்மின் தகட்டின் அழுத்தம் அதிகரிக்கப்படும்போது தகட்டு மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கின்றது.

பணிசெய்யக் கூடிய எந்த ஒரு மின்குழாயிலும் நிறைநிலை ஏற்படுவதில்லை. ஏனெனில், தகட்டிற்குக் கொடுக்கப்படக்கூடிய மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தத்திற்கும் ஈடுகொடுக்கக்கூடிய அளவில் போதுமான எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடக்கூடியவாறு இழை செய்யப்பட்டுள்ளது. நிறைநிலையைக் கண்டறிவதற்கு இழை மின்னோட்டத்தைக் குறைத்து அதனால் எலெக்ட்ரான் வெளியீட்டை வரம்பிற்குட்படுத்த வேண்டியுள்ளது. இதனை இரண்டு வளைகோடுகளிலிருந்தும் காணலாம்—கீழேயுள்ளது நிறைநிலையைக் காட்டுகின்றது ; மேலேயுள்ளது காண்பிக்கவில்லை. ரிச்சர்ட்சனின் வாய்பாடு $i = AT^2 e^{-b/T}$ மின்னோட்டத்தின் நிறைநிலையைக் குறிக்கின்றது. வளைகோட்டின் ஏறுகிற பகுதிக்கு லாங்மிர்-ஷாட்கியின் (Langmuir—Schottky) மூன்று-அரைப் படி விதியினை— $i = KV_p^{3/2}$—பயன்படுத்த வேண்டும். நேர்மின்வாய் தற்சிறப்புகள் பல திறப்பட்ட சுற்றுநிலைகளில் (circuit conditions) மின்குழாயின் நடத்தையினைப்பற்றி மதிப்பு வாய்ந்த விவரங்களைக் கொடுக்கிறது. எனவே, இவை மின்குழாய் உற்பத்தியாளருக்கு இன்றியமையாதன. இந்த வளைகோடுகளிலிருந்து சுமை கோடு (load-line) எனப்படும் ஓர் அளவினைப் பெறமுடியும். இது ஒரு மின்குழாயினால் திரிபில்லாமல் (distortion) பெருக்கத்தை உண்டாக்குவதில் பயன்படுகின்றது.

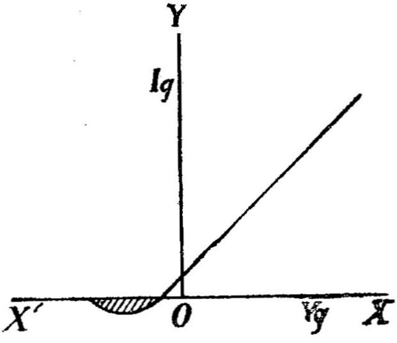
இடைவாய் தற்சிறப்புகள் : இடைவாய் மின்னழுத்தத்திற்கு (V_g) ஏற்ப இடைவாய் மின்னோட்டம் (I_g) மாறுவதனைக் குறிக்கின்றது. சிறப்பாக, இடைவாய் கட்டுப்படுத்தும் மின்வாயாகச் (ஆட்சி மின்வாயாக) செயல்படுகிறதே தவிர ஏற்பு மின்வாயாகச் செயல்படுவதில்லை. இருந்தாலும், சில இடங்களில் இடைவாய் மின்னோட்டம் இன்றியமையாதது. I_g-யானது V_g-க்கேற்ப மாறுவதனை ஆராய்வதற்குத் தகட்டின் மின்னழுத்தமும் இழை மின்னோட்டமும் நிலையாக வைக்கப்படுகின்றன. இடைவாய்க்கு ஒரு சிறிய எதிர் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து (காட்டாக—2 வோல்ட்டுகள்) அதிலிருந்து படிப்படியாக உயர்த்தப்படுகின்றது. அவற்றிற்கு இயைந்த இடைவாய் மின்னோட்டம்—சாதாரணமாக இது மிகமிகக் சிறிதாகவிருக்கும்—இடைவாய்ச் சுற்றிலுள்ள மைக்ரோ அம்மீட்டரினால் அளக்கப்பெறுகின்றது. இம்முடிவுகள் வரைபடமாக வரையப்படுகின்றன. அதனால் கிடைக்கும் வளைகோடு படம் 48-ல் காட்டியுள்ளவாறிருக்கும். இடைவாய் மின்னோட்டத்தின் மிக உயர்ந்த மதிப்பு வழக்கமாக ஒரு சில மைக்ரோ ஆம்பியர்களே இருக்கும். இம் மின்னோட்டமானது இடைவாய் சிறிய அளவு எதிர் மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றிருக்கும்போதே

தொடங்குகின்றது. இடைவாய், இழை ஆகியவற்றின் மேற்பரப்புகட்கிடையேயுள்ள தொடுநிலை மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் (contact potential difference) இவ்வாறு நிகழ்கின்றது. இவ்விளைவினால் உண்டாவதைத் தவிர V_g-ன் எதிர்மறை மதிப்புகட்கு இடைவாய் மின்னோட்டம் எதுவும் ஏற்படுவதில்லை. V_g-ன் நேர் மதிப்புகட்கு இடைவாய் மின்னோட்டம் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலை வரையில் அதிகரித்துக்கொண்டே செல்கின்றது. இந்தப் பெரும மதிப்பு சிறந்த மின்குழாய்கட்கு மிகச்சிறியதாயிருக்கும்.



படம் 48. $I_g - V_g$ வளைகோடு-மும்முனைக் குழாய்

இடைவாய் தற்சிறப்புகள் மின்குழாயின் உள்ளிருக்கும் வெற்றிடத்தின் நிலையை மிக நுட்பமாகக் காட்டும். மின்குழாயின் உட்புறம் சரியாக வெற்றிடமாக்கப்படாவிட்டால், V_g-ன் எதிர்மறை மதிப்புகட்குத் (negative values) தலைகீழான இடைவாய் மின்னோட்டம் உண்டாகின்றது; வளைகோடு படம் 49-ல் காட்டியுள்ள உருவைப் பெறுகின்றது. வெற்றிடம் சரியாக இல்லாவிட்டால் மின்குழாயினுள் இன்னும் சில காற்று மூலக்கூறுகள் (air molecules) இருக்கும் என்பதே இதற்குக் காரணம். வெப்பமின் எலெக்ட்ரான்கள் மோதி அம் மூலக்கூறுகளை அயனியாக்குகின்றன. இவ்வாறு உண்டான நேர்மின் அயனிகள் நேர்மின்வாயை விட்டுவிலகி இடைவாயையும் இழையையும் நோக்கிச் செல்கின்றன. இழையோடு ஒப்பிட இடைவாய் எதிர் மின்னழுத்தம் பெற்றிருந்தால் அது அவற்றை ஈர்த்து (attracts) அவற்றின் நேர்மின்னேற்றங்களைச் சேகரித்துக் கொள்கின்றது. அதனால், எலெக்ட்ரான்கள் ஏற்கப்படுவதால் உண்டாகும் மின்னோட்டத்திற்கு எதிர்த்திசையில் ஒரு மின்

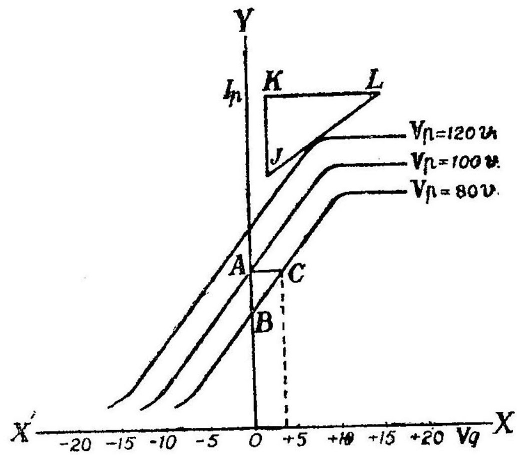


படம் 49. $I_g - V_g$ வளைகோடு-வெற்றிடம் சரியில்லாதபோது

னோட்டம் ஏற்படுகின்றது. எனவே, இது இடைவாய் தலைகீழ் மின்னோட்டம் (reverse grid current) என வழங்கப்பெறுகின்றது. எனவே, இடைவாய் தலைகீழ் மின்னோட்டமும் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் உள்ள ஏற்ற இறக்கங்களும் (fluctuations) மின்குழாயில் வெற்றிடம் சரியாயில்லாமைக்கு நிச்சயமான அறிகுறிகளாகும். இடைவாயின் எதிர்மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கப்படும் போது இடைவாய் தலைகீழ் மின்னோட்டம் சுழியாகக் குறைகின்றது. இது தகட்டு மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கும்.

ஒன்றுக்கொன்றுள தற்சிறப்புகள்: தகட்டு மின்னோட்டத்திற்கும் இடைவாயின் மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பு பற்றிய ஒன்றுக்கொன்றுள தற்சிறப்புகள் மிகுந்த முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை. ஏனெனில், அவை பெருக்கியாக (amplifier) செயல்படும் மின்குழாயின் பண்பினை வெளிப்படுத்துகின்றன. அதோடுமட்டுமல்லாமல் ஒன்றுக்கொன்றுள கடத்துகை (mutual conductance), உள்தடை (internal resistance) அல்லது மின்தடுப்பு (inpedance), பெருக்கற்பலன் எண் (amplification factor) போன்ற சில குறிப்பிட்ட மின்குழாய் மதிப்பெண்களைக் (valve constants) கண்டுபிடிக்க வழிவகுக்கின்றன.

ஒன்றுக்கொன்றுள தற்சிறப்புகளைப் பெறுவதற்குத் தகட்டிற்கு ஓர் உயர்ந்த மின்னழுத்தம்—காட்டாக 80வோல்ட்டுகள்—



படம் 50. $I_p - V_g$ வளைகோடு-மும்முனைக் குழாய்

கொடுக்கப்படுகின்றது. இந்த மின்னழுத்தத்திற்கு மிகவும் உகந்த இழை மின்னோட்டம்—வெப்ப மின்துகள் தற்சிறப்புகளிலிருந்து

இதன் மதிப்பு பெறப்படுகின்றது)—இழையில் பாய்ச்சப்படுகின்றது. மின்னழுத்த அளவி (potentiometer), மின்போக்கு மாற்றி ஆகியவற்றின் துணைகொண்டு இடைவாய் மின்னழுத்தம் −20-லிருந்து +20 வோல்ட்டுகள்வரை படிப்படியாக மாற்றப்பட்டு அதன் ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும் தகட்டு மின்னோட்டம் குறிக்கப் பெறுகின்றது. தகட்டு மின்னழுத்தத்தின் 160 வோல்ட்டுகள், 120 வோல்ட்டுகள் எனும் வேறு இரு மதிப்புகளுக்கும் சோதனை திரும்பச் செய்யப்பெறுகின்றது. கிடைத்த விவரங்களைக் கொண்டு I_p-க்கும் V_g-க்கும் இடையே தகட்டு மின்னழுத்தத்தின் ஒவ்வொரு மதிப்பிற்கும் ஒரு வரைபடம் வரையப்படுகின்றது. படம் 50-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் வளைகோடுகளின் ஒரு தொகுதி கிடைக்கின்றது.

மின்குழாயின் பெருக்கும் செயல் : ஒவ்வொரு வளைகோட்டிலும் செங்குத்தான (steep) அநேகமாக நேர்கோடாக உள்ள ஒரு பகுதி உள்ளது. இதில் V_g-ன் மதிப்பில் ஒரு சிறு மாறுதல் ஏற்பட்டால் I_p-ல் மிகப்பெரிய ஒரு மாறுதலை உண்டாக்கும். வளைகோட்டின் செங்குத்தான (steep) பகுதியின் ஒரு புள்ளிக்கு இசைந்த மின்னழுத்தத்தை இடைவாய்க்குக் கொடுக்கும்போது மின்குழாய் பெருக்கியாக (amplifier) எவ்வாறு செயல்படமுடிகிறது என்பதனை இது உணர்த்துகின்றது.

இந்த வளைகோடுகளிலிருந்து மின்குழாய் மதிப்பெண்கள் (valve constants) கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடப்படுகின்றன :

(அ) ஒன்றுக்கொன்றுள கடத்துகை (Mutual conductance) (K) என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட தகட்டின் மின்னழுத்தத்தில் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதலுக்கும் அதற்கிசைய இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் மாறுதலுக்கும் உள்ள விகிதமே என இலக்கணம் கூறலாம். $K = dI_p/dV_g$. வளைகோடுகளில் ஏதேனும் ஒன்றின்மீது V_g-ன் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கிசைந்த புள்ளியில் கிடைக்கும் அதனுடைய சரிவின் (slope) மதிப்பு ஒன்றுக்கொன்றுள கடத்துகை.

$$K = \frac{dI_p}{dV_g} = \frac{JK}{KL}$$

கடத்துகை தடையின் தலைமாற்று மதிப்பு (reciprocal) ஆனதால் இது வழக்கமாக ஒரு வோல்ட்டிற்கு இத்தனை மில்லி ஆம்பியர்கள் எனவோ அல்லது 'மோ'க்கள் (mho) எனவோ குறிக்கப்படுகின்றது. (தடையின் அலகைக் குறிக்கும் ஆங்கிலப் பெயரின் 'ohm' எழுத்து

களைத் திருப்பி எழுதினுல் mho என ஆகின்றது). வளை கோட்டின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் K-ன் மதிப்பு வெவ்வேருக இருக்கின்றது. எனவே, ஒன்றுக்கொன்ருன கடத்துகையானது மின்குழாய் வேலை செய்யும் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைக்குமட்டுமே ஒரு மாறிலி எனக் கொள்ளலாம். வளைகோட்டின் செங்குத்தான நேர்கோட்டுப் பகுதியில் இது ஒரு மாரு மதிப்பினைப் பெற்றி ருக்கும். ஆனுல், மேல்வளைவிலும் கீழ்வளைவிலும் அவ்வாறன்று.

(ஆ) உள்தடை (Internal resistance) R_i : இடைவாய் மின் னழுத்தத்தை மாற்ருமல் நிலையாக வைத்து, தகட்டின் மின்னழுத் தத்தை மாற்றுவதனுல் தகட்டு மின்ைேட்டத்தை மாற்றக்கூடும். இது, ஒன்றுக்கொன்ருன தற்சிறப்புக் கோடுகளில் ஏதேனும் இரண்டினை எடுத்துக்கொண்டு பார்த்தால் எளிதில் விளங்கும். சாதாரண மின்சுற்றுகளில் மின்னழுத்தத்திற்கேற்ப மின்ைேட்டம் மாறுவதனை ஓமின் விதி (Ohm's law) கொடுக்கிறது; V/I எனும் விகிதம் மின்தடை (Resistance) (R) என அழைக்கப்படுகின்றது. ஒப்புமை மூலம் இத்தகைய ஒரு கருத்தினை மின்குழாய்களுக்கும் மேற்கொள்ளலாம். ஒரு கடத்தி அதனுடைய மூலக்கூறுகள் கடத்தும் எலெக்ட்ரான்களின் இடப்பெயர்ச்சியைத் தடைசெய் வதற்கேற்ப மின்ைேட்டத்தை எதிர்க்கின்றன எனும் அடிப்படை யில் அதன் மின்தடையை எளிதாக நாம் கற்பனை செய்து கொண்டு விடுகிருேம். பார்க்கப்போனுல் மின்தடை என்பது எலெக்ட்ரான்களுக்கும் மூலக்கூறுகளுக்கும் இடையே நிகழும் மோதல்களின் விளைவே. இம் மோதல்களால் கடத்தி சூடாக்கப் படுகின்றது. ஆனுல், மின்குழாயில் மின்தடையை எங்கேயென்று தேடுவது? அது வெற்றிடமாதலால் நிச்சயமாக இழைக்கும் தகட்டிற்குமிடையே இருக்க முடியாது. எனவே, தகட்டின் மேற் புறத்திலேயே மோதல்கள் நிகழ்கின்றன என்பது தெளிவு. மிகு வேகத்தில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் பெருமளவு இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கின்றன. எனவே, இதற்கிசைந்த வெப்பத் தைத் தோற்றுவிக்க முடியும். சோதனைகள் அது உண்மையே எனக் காட்டின. மின்குழாய் நீண்ட நேரம் வேலை செய்தால் சிவக்கப் பழுத்துவிடுவதிலிருந்து இது தெரிகிறது. எனவே, உள் தடை தகட்டின் மேற்புறத்தில்தான் இருக்க வேண்டும். மேலும், சூடாக்கும் விளைவினுல் செலவாகும் மின் ஆற்றலும் தகட்டின் மீதே உள்ளது. எனவே, உள்தடையைத் தகட்டின் அல்லது நேர் மின்வாயின் தடை என வழங்குவது முற்றிலும் பொருத்தமே. இது நேர்மின்வாய் மின்தடுப்பு (anode impedance) அல்லது இரு திசை மின்ைேட்டத் தடை என்றுகூட வழங்கப்பெறுகின்றது.

ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவாய் மின்னழுத்தத்திற்குத் தகட்டின் மின்னழுத்தத்தில் உண்டாகும் மாற்றத்திற்கும் அதற்கிசையத் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்திற்கும் உள்ள விகிதமே உள்தடை (internal resistance) என வரையறுக்கப் பெறுகின்றது. $R_i = \frac{dV_p}{dI_p}$. ஒன்றுக்கொன்றுான தற்சிறப்புக் கோடுகளில் ஏதேனும் இரண்டினை எடுத்துக்கொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் V_p-ல் ஏற்படும் மாற்றத்தையும் அதற்கிசைய I_p-ல் உண்டாகும் மாற்றத்தையும் எளிதில் பெறலாம். காட்டாக, கீழிரண்டு வளைகோடுகளையும் எடுத்துக்கொண்டால் இடைவாய் மின்னழுத்தம் சுழியாக (zero) இருக்கும் போது V_p-ன் மாற்றம் 20 வோல்ட்டுகள், I_p-ன் மாற்றம் AB-க்குச் சமம். எனவே, $R_i = \frac{20}{AB}$. வளைகோடுகள் எல்லாவிடத்தும் இணையாக இல்லாததால், R_i இடத்துக்கிடம் மாறுபடும். ஆனால், நேர்கோட்டுப் பகுதியில் வளைகோடுகள் (curves) கிட்டத்தட்ட இணையாகவே இருப்பதால் R_i ஏறக்குறைய ஒரு மாறிலியாக இருக்கின்றது. வாணிகத்திற்காகச் செய்யப்படும் மின்குழாய்களின் உள்தடை பொதுவாகப் பல ஆயிரம் ஓம்கள் இருக்கும்.

(இ) பெருக்கற்பலன் எண் (Amplification factor) μ: தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட மாற்றத்தை உண்டுபண்ண தகட்டு மின்னழுத்தத்தையோ அல்லது இடைவாய் மின்னழுத்தத்தையோ மாற்ற வேண்டும் என நாம் கண்டோம். ஆனால், தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுதலை விளைவிக்க, தகட்டு மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படுத்த வேண்டிய மாறுதல் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் உண்டாக்க வேண்டியதை விடப்பல மடங்கு பெரிதாக இருக்கவேண்டும். எனவே, தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஒரே மாறுதலை உண்டாக்கக்கூடிய இரு மின்னழுத்தங்களின் மாற்றங்களுக்கிடையேயுள்ள தொடர்பு முக்கியமானதாகும். மின்குழாய் ஒரு பெருக்கியாகச் செயல்படுவதன் திறன் இதனைத் தழுவியேயுள்ளது. சில நேரங்களில் இது ‘மின்னழுத்தப் பெருக்கற்பலன் எண்’ எனவும் வழங்கப்படுகின்றது. $\mu = \frac{dV_p}{dV_g}$. ஒன்றுக்கொன்றுான தற்சிறப்புக் கோடுகளில் ஏதேனும் இரண்டினை எடுத்துக்கொண்டால், ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் I_p-ல் ஒரே மாறுதலை உண்டாக்கும் V_p, V_g ஆகியவற்றின் மாற்றங்களைக் கண்டுகொள்ளலாம். இடைவாய் மின்னழுத்தம் சுழியாக இருக்கும்போது, AB ஆல் குறிக்கப்படும் I_p-ன் மாற்றத்தை உண்டாக்குவதற்கு V_p-ல் மாறுதல் 20

வோல்ட்டுகள், V_g-ல் மாறுதல் AC. AC என்பது எடுத்துக் கொண்ட இரு வளைகோடுகட்கிடையேயுள்ள கிடைவெட்டுத் துண்டு (horizontal intercept).

$$\text{எனவே,} \quad \mu = \frac{100-80}{\text{AC ஆல் குறிக்கப்படும் } dV_g}$$

ஒன்றுக்கொன்றுன கடத்துகை, உள்தடை ஆகியவற்றி லிருந்தும் μ ஐக் கீழ்க்கண்டவாறு மதிப்பிடலாம். இங்கே எல்லா அளவுகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட இடைவாய் மின்னழுத்தத்திற்கே எடுக்கப்பட வேண்டும்.

$$\mu = \frac{dV_p}{dV_g} = \frac{dV_p}{d\,I_p} \times \frac{d\,I_p}{dV_g} = R_i \times K$$

பெருக்கற்பலன் = உள்தடை × ஒன்றுக்கொன்றுன கடத்துகை.

பெருக்கற்பலன் எண், வளைகோடுகளின் வெவ்வேறு புள்ளி களுக்கும் வெவ்வேறுன மதிப்பையுடையது. எல்லாக் கோடு களும் இணையான நேர்கோடுகளாக இருக்கும். பெரும்பகுதி யில் இதனை ஒரு மாறிலியாகவே கொள்ளலாம். அப்படியே மாறுதலிருந்தாலும் அது 10%-க்கு மேலிருக்காது.

நடைமுறையில் செய்யப்படும்போது மின்குழாயின் பெருக் கற்பலன் எண் அதனுடைய வடிவ அமைப்பைப் பொறுத்திருக் கின்றது. இடைவாயின் கம்பிகள் நெருக்கமாகவும், தகட்டிற்கும் இழைக்கும் உள்ளதைவிட மிகப் பெரிதாகவும் இருக்கும்போது இதன் மதிப்பு உயர்ந்து காணப்படுகின்றது. ஆனல், இதனை எல்லையில்லாமல் உயர்த்த முடியாது. ஏனெனில், தகட்டிற்கும் இழைக்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை அதிகரித்தால் உள்தடை அதிகமாகின்றது. இடைவாயை இழைக்கு மிகவும் நெருக்கமாக வைத்தால் இடைவாய் மிகப்பெருமளவில் சூடாக்கப்படுகின்றது. இதனுல் இடைவாயிலிருந்தும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளியிடப்படும். இந்த இரண்டாம்நிலை வெளியீடு (secondary emission) மின் குழாயின் வழக்கமான வேலையைப் பாதிக்கின்றது. எனவே, 100-க்கு மேற்பட்ட பெருக்கற்பலன் எண்ணுடைய மும்முனைக் குழாயைச் செய்வது இயலாது.

பல்வேறு வகையான மின்குழாய்கள் செய்யக்கூடிய வேலை களைக் கண்டுபிடிப்பதற்காக இந்த மதிப்பெண்கள் பயன்படு கின்றன என்பதையும், இம் மதிப்பெண்களைக் கண்டுபிடிக்க மில்லர் முறை (method of Miller), ஆப்பிள்டனின் (Appleton) தொடர்ந்த மின்னேட்டமுறை போன்று வேறு முறைகள் உள்ளன என்பதனையும் நாம் கவனிக்க வேண்டும்.

மும்முனைக் குழாயின் பயன்கள். மும்முனைக் குழாயைக் கீழ்க் கண்டவாறு பயன்படுத்தலாம்:

(1) அஞ்சல் (Relay): இது எந்திரச் சாதனங்களைக் காட்டிலும் மிகவும் மேம்பட்டது.

(2) நிவர்த்திப்பான் (Rectifier): சற்றேறக்குறைய இருமுனைக் குழாயின் செயலை ஒத்தது.

(3) பெருக்கி (Amplifier): இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் உண்டாகும் சிறு மாறுதல்கள் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் பெரும் மாறுதலை விளைவிப்பதால் வலி குன்றிய சைகைகளைப் (weak signals) பெருக்குகின்றது.

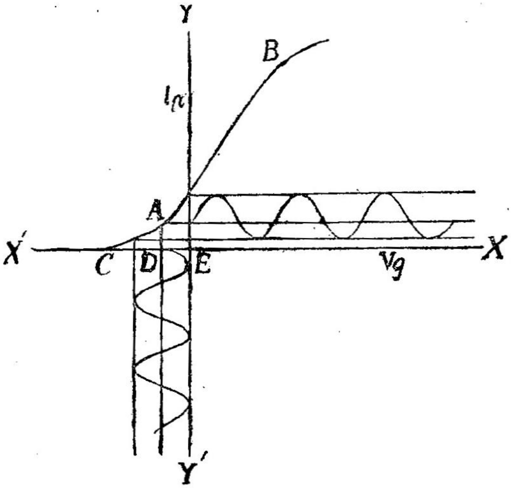
(4) அலைப்பான் (Oscillator): தொடர்ந்த, தேய்வுறாத (undamped) உயர் அலைவெண் அலைகளை உண்டாக்குதல்.

மும்முனைக் குழாய் அஞ்சல் (Triode relay): அஞ்சல் (relay) என்பது ஒரு சிறு அளவு ஆற்றலினை அனுமதிக்கவோ அல்லது நிறுத்தவோ செய்யும் அல்லது மிக உயர்ந்த ஆற்றல் தோற்றுவாயினைக் கட்டுப்படுத்தும் ஒரு சாதனமாகும். மும்முனைக் குழாய் முழுமைபெற்ற அஞ்சலாகத் தொழிற்படுகின்றது. ஏனெனில், இடைவாய்க்குச் சில வோல்ட்டுகள் கொடுப்பதன்வாயிலாகப் பல நூறு வோல்ட்டுகளைத் தரும் தோற்றுவாயினைச் சேர்ந்த தகட்டு மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தவோ நிலைநிறுத்தவோ அல்லது துண்டிக்கவோ முடியும். எந்திரவழி அஞ்சல்களைக் காட்டிலும் இது மிகவும் மேம்பட்டது. ஏனெனில், இதற்குக் குறிப்பிடத் தக்க அளவு சடத்துவம் இல்லாததால் வெப்ப மின்துகள்கள் வெளியிடப்படும் அக்கணத்திலேயே வேலை செய்யத் தொடங்குகின்றது. இடைவாய் மின்னோட்டம் மிகவும் சிறியதானதால் அதனால் செலவழிக்கப்படும் ஆற்றல் மிகவும் குறைவு. எந்திர வழி அஞ்சல்கள் ஒன்று ஆற்றலை முழுதாக அனுமதித்தல் அல்லது துண்டித்தலைச் செய்யுமே தவிர ஆற்றலின் ஏற்ற இறக்கங்கட்கு ஏற்ப அனுமதித்தலைச் செய்யாது. ஆனால், மும்முனைக் குழாய் அஞ்சல் இதனை மிக நுட்பமாகச் செய்யும்.

இத் தொடர்பில் வாயு நிரப்பிய குழாயாகிய தைரட்ரான் (thyratron) அஞ்சலைப்பற்றி இங்குக் கூறலாம். சிறிதளவு ஹீலியம் (helium), ஆர்கான் (argon), நியான் (neon) அல்லது பாதரச ஆவியினால் உட்புறம் நிரப்பப்பட்ட ஒரு மும்முனைக் குழாயே தைரட்ரான் (thyratron). சாதாரண வெற்றிட மின்குழாய்

ஒன்றினை எடுத்துக் கொள்வோம். தகட்டு மின்னோட்டம் பாயாது தடுக்கும் அளவிற்குப் போதுமான எதிர்மின்னழுத்தம் அதன் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கட்டும். இப்போது தகட்டின் மின்னழுத்தத்தை நாம் உயர்த்தினால், இடைவாயின் விளைவு குறைந்து ஒரு நிலையில் தகட்டு மின்னோட்டம் பாயத் தொடங்கும். முதலில் தகட்டு மின்னழுத்தம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க இம் மின்னோட்டமும் அதிகமாகும். அதிகமான இம்மதிப்பு முதலில் சிறிதாகவே இருக்கும். ஆனால், தைரட்ரான் போன்ற வாயு நிரப்பிய மின்குழாயைப் பயன்படுத்தும்போது, தகட்டை நோக்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் வாயுவின் மூலக்கூறுகளுடன் மோதுகின்றன. வாயு மிகக் குறைந்த அழுத்தத்தில் உள்ளதால் மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கப்படுகின்றன ஒவ்வொரு மோதலிலும். மேலும் எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. இவை மேலும் பல மூலக்கூறுகளுடன் மோதி எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கின்றன. எனவே, ஒரு கணிசமான மின்னோட்டம் விரைவில் ஏற்பட்டு வாயுவின் வழியாக மின்னிழப்பு உண்டாகிறது. அயனியாக்கும் செயலில் உண்டான நேர்மின் அயனிகளில் சில, எதிர்மின் இடைவாயினால் ஈர்க்கப்பட்டு இடைவாயைச் சுற்றி ஓர் உறை உருவாகின்றது. இவ்வுறையானது தகட்டு மின்னோட்டத்தின்மீது இடைவாய் மேற்கொண்டு எந்த விளைவையும் உண்டாக்க முடியாமல் தடுக்கிறது. இவ்வாறு இடைவாய் தன் ஆட்சியை இழக்கின்றது. மின்னிழப்பு ஒருமுறை தொடங்கிவிட்டால் அதனை இடைவாயால் நிறுத்த முடியாது. தகட்டின் மின்னழுத்தத்தை விலக்கினாலோ அல்லது வாயுவின் அயனியாக்கும் மின்னழுத்தத்திற்குக்கீழ் (இது பலவிடங்களில் 10-லிருந்து 30 வோல்ட்டுகளுக்குள் இருக்கும்) குறைந்தாலோ அன்றி மின்னிழப்புத் தொடர்ந்து நடைபெறும். மின்குழாய், மின்னிழப்பின்போது குறுக்குப் பாய்ச்சல் சுற்றாக ஆகிவிடுகின்றது. மின்னழுத்தம் அயனியாக்கும் மின்னழுத்தத்திற்குக்கீழ்க் குறையும்போது மின்குழாய் தன்னுடைய கடத்தாப் பண்பை மீண்டும் பெறுகிறது. மீண்டும் மின்னழுத்தம் அதிகமாக்கப்படும்போது 0·1-லிருந்து 1 மில்லி வினாடிக்குள்ளான மிகக் குறைந்த நேரத்தில் மின்குழாய் முன் போலச் செயல்படத் தொடங்குகிறது. இந்த உண்மை தைரட்ரானுக்கு ஓர் உயர்ந்த வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனை (resolving power) வழங்குகிறது. இதனால், மிக விரைவாக ஒன்றன்பின் ஒன்றாக நிகழும் தனித்தனி செயல்களை மின்துணைகொண்டு எண்ணுவதற்கு இது பயன்படுகிறது. எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவிகளில் கையாளப்படும் இலட்சிய கால-அடிவரைச் சுற்றுகளில் இது பயன்படுவது இதன் இரண்டாவது முக்கிய பயனாகும். இதனைப்பற்றிப் பின்னர்ப் பார்ப்போம்.

மும்முனைக் குழாய் நிவர்த்திப்பான் (Triode rectifier) : மும்முனைக் குழாய் நிவர்த்திப்பானுக எவ்வாறு செயல்படுகின்றது என்பதனைக் கீழே கொடுத்துள்ள விளக்கத்திலிருந்து எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம். ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புக் கோடு ஒன்றினை



படம் 51. மும்முனைக் குழாயின் நிவர்த்திக்கும் செயல்

(படம் 51) எடுத்துக்கொள்வோம். வளைகோட்டின் கீழ்வளைவில் (lower bend) உள்ள ஒரு புள்ளி A-யினுல் குறிக்கப்படும் எதிர் மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். இருதிசை மின்னியக்குவிசை (aternating *e.m.f.*) ஒன்று இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படட்டும். அதனுல் DC-ம் DE-ம் A-க்கு இருபுறத்திலும் V_g-ன் மாற்றத்தைக் குறிக்கும். V_g-ன் அலேவின் ஒரு பாதியாகிய DC-ன் போது தகட்டு மின்னேட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றத்தைக் காட்டிலும் அதிகமான மாற்றம் மறு பாதியாகிய DE-ன் போது ஏற்படுகிறது என்பதனைப் படத்திலிருந்து காண்கிறேம். தகட்டு மின்னேட்டத்தில் உண்டாகும் மாறுதல் இன்னும் இருதிசையுடையதாகவே இருந்தாலும் அலேயின் மேல்பாதி கீழ்ப் பாதியைவிட அதிகமான வீச்சைப் பெற்றிருக்கிறது; அ-து., ஒரு திசையில் அதிகமான மின்னேட்டமும் எதிர்த் திசையில் குறைந்த மின்னேட்டமும் இருக்கின்றன. எனவே, தகட்டு மின்னேட்டத்தின் சராசரி மதிப்பு ஒரு முழுச் சுழற்சிக்குச் சுழியாக இல்லாமல் ஒரு திசையில் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பினைப் பெற்றிருக்கிறது. இவ்வாறு மின்குழாய் ஒரு நிவர்த்திப்பானுகச் செயல்படுகிறது. இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் இருதிசை

மின் இயக்குவிசை தேய்வுறும் அலைகளின் உருவில் ஏற்கப்பட்ட ஒரு சைகையாக இருந்தால் அச் சைகை ஒருதிசைத் துடிப்பு களால் ஆன ஒருதிசை தகட்டு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கும். தேய்வுறு அலைகளினுடையதற்குச் சமமான அலைவெண்ணில் இத் துடிப்புகள் ஒன்றையொன்று தொடர்ந்து செல்லும். இத் துடிப்புகளின் தொகுபயனால் தொலைபேசி எதிரளிப்பினை உண்டு பண்ணும். இவ்வாறு, மின்குழாய் தன்னுடைய நிவர்த்திக்கும் செயலால் கண்டுபகுப்பானாகிறது.

மும்முனைக் குழாயை நிவர்த்திக்கும் கண்டுபகுப்பானாகப் பயன் படுத்துவதற்கு இரு முறைகள் உள்ளன. (அ) வளைபகுதி-நேர்மின் வாய் நிவர்த்திப்பு (anode bend rectification) ; (ஆ) இடைவாய்க் கசிவு நிவர்த்திப்பு (grid leak rectification).

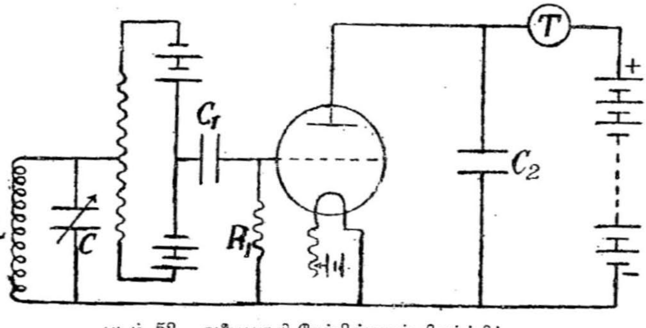
வளைபகுதி-நேர்மின்வாய் நிவர்த்திப்பு : இம் முறையில் ஒன்றுக் கொன்றான தற்சிறப்புக் கோட்டின் கீழ்வளைவிலுள்ள A என்னு மொரு புள்ளி அல்லது மேல்வளைவிலுள்ள B என்னுமொரு புள்ளிக்கு இசைந்த மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப் படுகிறது. இவற்றுள் முதலாவது வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

ஏனெனில், கீழ்க்கண்ட நன்மைகள்அதிலுள்ளன: (அ) இழை யோடு ஒப்பிட எதிர்மின்னழுத்தத்தில் இடைவாய் வேலை செய் வதால் இடைவாய் மின்னோட்டம் ஏதுமேற்படுவதில்லை. அதனால், அகவாய்ச் சுற்றிலிருந்து ஆற்றல் ஏதும் உட்கவரப்படுவதில்லை. எனவே, தேய்வுறுதல் மிகக் குறைவு. (ஆ) தகட்டுச் சுற்றுக்கு உயர்மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கும் ஊற்றுவாயிலிருந்து மிகக் குறைந்த மின் ஆற்றலே எடுக்கப்படுகிறது. ஆனால், பிந்தியதில் மிக உயர்ந்த மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது.

வேலைசெய்யும் நிலை நேர்கோட்டுப் பகுதியில் இருக்குமாறு இடைவாய்க்கு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டால் நிவர்த்தித்தல் நடைபெறுவதில்லை என எளிதில் காட்டலாம். ஆனால், சரிவு மிகவும் செங்குத்தாக இருப்பதால் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் அலைவுகள் உள்ளிடப்படும் அலைகளைவிட அதிகமான வீச்சினைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, மின்குழாய் பெருக்கியாகச் செயல்படுமேயல்லாது நிவர்த்திப்பானாக இருக்காது. இடைவாய் எலெக்ட்ரான்களைச் சேகரிக்க முயல்வதால் அதன் மின்னழுத்தம் குறையும். எனவே, இடைவாய் மின்னழுத்தத்தை நிலையாக வைப்பதற்கு ஏதேனுமொரு சாதனத்தைக் கையாள வேண்டும். இதற்கு இடைவாய்க் கசிவு (grid-leak) எனப்படும் ஒன்றினைப்

பயன்படுத்துவது வழக்கம். இதன் மதிப்பு 1-லிருந்து 10 மெக் ஓம்களுக்குள் இருக்கும். இது இடைவாய்ச் சுற்றில் சேர்க்கப் படுகிறது. இதனால் ஒன்றாகத் திரண்ட எலெக்ட்ரான்கள் தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்கின் எதிர்முனைக்குக் கசிந்து செல்கின்றன. நடைமுறையில் இந்த எதிர்முனை தரையுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும்.

ஓர் எளிய வளைபகுதி-நேர்மின்வாய் நிவர்த்திப்பானின் சுற்று விவரங்கள் படம் 52-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. உள்ளிடப் படும் சைகைக்கு இசைவிக்கக்கூடிய அலைவுறும் சுற்று LC இடை வாய்ச் சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இடைவாய்ச் சுற்றில் (1) இடைவாய் வேலைசெய்யும் நிலை கீழ் அல்லது மேல் வளைவின் மையத்திலிருப்பதற்கேற்றவாறு இடைவாய் மின்னழுத்தத்தைச் சரிசெய்யக்கூடிய மின்னழுத்த அளவி அமைப்பு, (2) இடைவாய் அழுத்தத்தை வேலை செய்யும் நிலையில் மாறாது நிலைநிறுத்து வதற்காக ஓர் இடைவாய்க் கசிவு R_1 ஆகியவை உள்ளன. தகட்டுச் சுற்றில் உயர்மின்தடைத் தொலைபேசி உள்ளது. தகட்டுச் சுற்றின் குறுக்கே ஒரு பெரிய மின்னேற்பி C_2 உள்ளது. இந்த



படம் 52. வளைபகுதி-நேர்மின்வாய் நிவர்த்திப்பு

அமைப்பைக் கொண்டு உள்ளிடப்படும் சைகையை இடை வாய்க்குக் கொடுத்தால் தகட்டுச் சுற்றின் வழியாக நிவர்த்திக் கப்பட்ட ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இது ஒரு ஒருதிசை மின்னோட்டம், உயர்அலைவெண் (ரேடியோ அலைவெண்), தாழ் அலைவெண் (செவியுறு அலைவெண்) ஆகிய மூன்று கூறுகளை யுடையது. உயர்மின்தடைத் தொலைபேசி T_2 ஒப்பீட்டில் உயர்ந்த ஏற்புத்திறனுடைய மின்னேற்பி C_2 உம் புறவாய் மின்தடுப்பாக உள்ளன. பண்பேற்றும் சைகையினை உடைய செவியுறு அலை வெண்கூறு தொலைபேசி வழியாகச் செல்கிறது. ஊர்தி அலைகளா லான ரேடியோ அலைவெண்கூறு C_2 வாயிலாகக் கிளைவழி செலுத் தப்படுகிறது (by passed).

வளைகோடு-நேர்மின்வாய் நிவர்த்திப்பானின் செயல்திறமை உள்வரும் சைகையின் வீச்சினைப் பொறுத்திருக்கிறது. எனவே, இதனை இரு தனிப் பிரிவுகளாகப் பார்க்கலாம்.

கம்பியில்லாத் தந்தியில் உள்ளது போல வலுக்குறைந்த சைகையைக் கண்டுபகுத்தல் (weak signal detection). இங்கே நிவர்த்திக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் இலேசான திரிபுகள் அவ்வளவு முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையல்ல. வலுக்குறைந்த சைகைகளின் நிவர்த்திக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்தின் இருபடிக்குத் தோராயமாக நேர்விகிதத்திலிருக்கும் எனக் கொள்கை வாயிலாகவும், ஆய்வுகளாலும் காண்பிக்க முடியும்—$I_p \propto V_g^2$ [இருபடிவிதி கண்டுபகுத்தல் (square law detection)]. இத்தொடர்புதான் திரிபிற்கான காரணம். ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புகளின் வளைந்த பகுதிகளைப் பயன்படுத்துவதால் திரிபு உண்டாகிறது. ஏனெனில், எந்த ஒரு வளைகோட்டின் சிறு பகுதியையும் பரவளையத்திற்கான இருபடி விதியினல் தோராயமாகக் குறிக்கலாம். அல்லது நிவர்த்திக்கும் புள்ளியில் சரிவுமாறும் விகிதம் அல்லது வளைவு (curvative) எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாகவுள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு கண்டுபகுப்பானின் பயனுறு திறன் வலுக்குறைந்த சைகைகளுக்கு அதிகமாக இருக்கும். வலுக்குறைந்த சைகைகளை நிவர்த்திப்பதற்கு முன்னல் பெருக்குவது உகந்ததென்பதும் இதிலிருந்து தெரிகிறது. ஏனெனில், இந்த இருபடி விதியின்படி உள்ளிடும் சைகையை இருமடங்காக்கினல் தொலைபேசிக்கு வரும் செவியுறு அலைவெண் நான்மடங்காகும்.

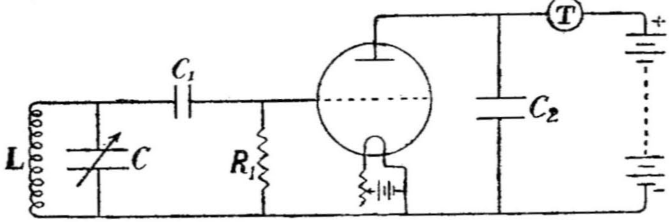
ரேடியோ தொலைபேசியில் பயன்படுவது போன்ற திறன்-நேர்மின்வாய் கண்டுபகுத்தல் (power-anode detection) இங்கே பண்பேற்றப்பட்ட சைகைகளது வீச்சின் உறையினது அலை உருவம் திரிபடையக்கூடாது. திரிபினைத் தவிர்ப்பதற்கு I_p ஆனது V_g-க்கேற்ப ஒருபடித்தாக (linearly) மாறவேண்டுவது அவசியம். அ-து., ஒருபடிக் கண்டுபகுத்தல் (linear detection) இந்த நிபந்தனையைப் பூர்த்தி செய்வதற்கு, தற்சிறப்புக் கோட்டின்கீழ் வளைவினது இடப்புறத்திலுள்ள நேர்கோட்டுப் பகுதியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். எனினும் இது ஒரு பக்கத்தில் கீழ்வளைவு, மறு பக்கத்தில் இடைவாய் மின்னோட்டம் பாயத் தொடங்கும் நிலை ஆகிய வரம்புகளுக்குட்பட்டுச் சிறிதாகவுள்ளது. இந்த எல்லைகட்குட்பட்ட தூரத்தினை அதிகமாக்குவதற்கு வலுவான சைகைகளை (அ-து), உயர்ந்த வீச்சு உடையனவற்றை இடைவாய்க்குக் கொடுக்க வேண்டும் என்பது தெளிவு. எனவே, துடிப்புகளைக் கண்டுபகுப்பதற்கு முன்னர்ப் பெருக்க வேண்டும். மிக உயர்ந்த

நேர்வாய் மின்னழுத்தமும் அதற்கு இசைந்த மிக உயர்ந்த இடைவாய் மின்னழுத்தமும் வேலை செய்யும் நிலையைக் கீழ்வளைவின் மையத்திற்குக் கொணர்கின்றன. இதன் விளைவாக மின்குழாய் உயர்ந்த மதிப்புடைய உள்ளிடும் சைகைகளை அநேகமாகத் திரிபேயில்லாமல் நிவர்த்திக்கச் செய்யும் திறமையைப் பெறுகின்றது.

இடைவாய்-கசிவு அல்லது இடைவாய் மின்னோட்ட நிவர்த்திப்பு (Grid leak or grid current rectification): லீ டி ஃபாரெஸ்ட்டால் (Lee de Forest) 1907-ல் முதன்முதல் அமைக்கப்பட்ட இம்முறை வளைபகுதி-நேர்மின்வாய் நிவர்த்திப்பைக் காட்டிலும் மிகுந்த நுட்பம் வாய்ந்தது. ஆனால், இது வேலை செய்யும் தத்துவம் அதனினும் சிக்கலானது. சுருக்கமாகச் சொன்னால், இம்முறையில் இடைவாய்-இழைச் சுற்றானது, ஓர் இருமுனைக் குழாய் நிவர்த்திப்பான் போன்று பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அ-து., பண்பேற்றப்பட்ட உயர்அலைவெண் உள்ளிடு சைகை முதலில் இடைவாய்ச் சுற்றில் நிவர்த்திக்கப்படுகின்றது. பிறகு, நிவர்த்திக்கப்பட்டதால் கிடைக்கும் பண்பேற்றிய குறைந்த அலைவெண் சைகை தகட்டுச் சுற்றில் பெருக்கப்படுகின்றது. எனவே, இந்த முறையில் மின்குழாய் முதலில் இருமுனைக் குழாய் நிவர்த்திப்பானகவும் பின்னர் மும்முனைக் குழாய்ப் பெருக்கியாக செயல்படுகின்றது. முன்னர்க் கண்ட முறையில் மின்குழாய் முதலில் பெருக்கியாகவும் பின்னர் நிவர்த்திப்பானகவும் தொழிற்படுகின்றது எனக் கருதலாமாதலால் இது அதனின்றும் மாறுபட்டது. இந்த முறையில் இடைவாய்த் தற்சிறப்புகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். மேலும், கீழ்க்கண்ட இன்றியமையாத நிபந்தனைகள் பூர்த்தி செய்யப்பட வேண்டும். அவையாவன: இடைவாய் மின்னோட்டம் இருக்கவேண்டும். மற்றும் இடைவாய்த் தற்சிறப்புக் கோட்டின் ஒருபடித்தாயில்லாத (non-linear) வளைந்த பகுதியின் மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்பட வேண்டும். இடைவாய்ச் சுற்றில் தகுந்த இடைவாய்–கசிவு ஒன்றனைச் சேர்ப்பதன் வாயிலாக இது நிறைவு பெறுகின்றது.

இடைவாய்-கசிவு நிவர்த்திப்பானின் சுற்றுப் பற்றிய விவரங்கள் படம் 53-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இந்த முறையில் இடைவாய்த் துணை மின்னழுத்தம் (auxiliary grid potential) எதுவும் தேவையில்லை. இடைவாயானது சுற்றின் மற்றப் பகுதிகளிலிருந்து ஒரு மின்னேற்பி C_1-ஆல் காப்பிடப்பட்டுள்ளது. மேலும், இது ஓர் உயர்ந்த இடைவாய்-கசிவு மின்தடை R_1-ன் வழியாக இழையின் எதிர்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. C_2 என்பது தகட்டுச் சுற்றிற்குக் குறுக்காக வைக்கப்பட்டுள்ள கிளைவழி

மின்னேற்பி (by-pass condenser). *T* என்பது அதே சுற்றிலுள்ள தொலைபேசி. அலைவுறும் மின்னழுத்தம் எதுவும் இடைவாய்க்கு வருவதற்கு முன்னுல் தகட்டு மின்னோட்டம் ஒன்று சீராகப் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும். ஒரு சைகை வாங்கப்படும்போது,



படம் 53. இடைவாய்க் கசிவு நிவர்த்திப்பானின் சுற்றுப் படம்

அது மின்னேற்பி C_1 வாயிலாக இடைவாய்க்குச் செல்கின்றது. *C*-ன் இடைவாய்ப் பக்கமுள்ள முனை நேர்மின்னழுத்தம் பெறு கின்றபோது இருமுனைக் குழாயின் இடைவாய்-இழைப் பகுதியின் மின்தடுப்பு (*R*-ம் இடைவாய்-இழைப் பகுதியின் தடுப்பும் இணை நிலையில் இருக்க அவற்றின் தொகுபயன் மின்தடுப்பு) ஒப்பீட்டில் குறைவாகவே இருப்பதால் இப்பகுதியின் வழியாக மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இதனுல் C_1 மின்னேற்றம் பெறுகிறது. இம் மின் னேற்றம் சைகையில் மின்னழுத்தத்தின் உச்ச மதிப்பாகிய V-க்கு கிட்டத்தட்ட சமமாக இருக்கும். இதனுல், இடைவாய்ப் பக்க மிருக்கும் *C*-ன் முனை எதிர்மின்னேற்றம் உடையதாக ஆகின்றது. இடைவாய்க்குப் பாய்கிற அந்த மின்னேற்றும் மின்னோட்டம் தான் மின்குழாய் வழியாகச் செல்லும் இடைவாய் மின்னோட்ட மாகும். சைகை எதிர்க்குறி அடையும்போது மின்குழாய் திறப்புச் சுற்ருக ஆகின்றது. அ-து., மின்கடத்துவதில்லை. இதனுல் C_1 ஆனது R_1 வழியாக மின்னிழக்கிறது. சைகையின் அலைவுநேரத் துடன் ஒப்பிட C_1 R_1-ன் மதிப்புப் பெரிதாக இருந்தால் C_1-க்குக் குறுக்கேயுள்ள மூல மின்னழுத்தமானது சைகையின் அடுத்த நேர் உச்ச அளவு வரும்போது மாருமல் அப்படியே இருக்கிறது. சைகை யானது சுழற்சியின் எதிர்ப்பாதியின்போது C_1 இழக்கின்ற மின் னேற்றம் அடுத்துவரும் நேர்பாதிச் சுழற்சியின்போது சரிக்கட்டப் படுகிறது. இதனுல் C_1 எப்போதும் V அளவிற்கு மின்னேற்றம் பெற்றுள்ளது. R_1 வழியாகப் பாயும் மின்னிழப்பு மின்னோட்டம் $\frac{V}{R_1}$ இடைவாயை V என்னும் நிலையான மின்னழுத்தத்தில் வைக் கிறது. இந்த மின்னழுத்தம் இழையை நோக்க எதிர்மின்னழுத்த மாக இருக்கும். ஊர்தி அலை பண்பேற்றப் படாதிருந்தாலே இவ்வாறு நிகழ்கின்றது. பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி அலை வந்தால்

பண்பேற்றும் செவியுறு அலைவெண் சைகையின் அலைவுநேரத்துடன் ஒப்பிட $C_1 R_1$-ன் மதிப்புச் சிறியதாக இருப்பதால் இடைவாய் மின்னழுத்தம் V-ம் பண்பேற்றப்படுகின்றது. இவ்வாறு இடைவாயில் கண்டுபகுத்தல் நடைபெறுவதால், மும்முனைக் குழாயின் பெருக்கும் பகுதிக்குத் தேவையான சீரான இடைவாய் மின்னழுத்தம் பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி அலைகளால் உண்டாகிறது.

R_1-ல் மின்னழுத்தம் வளர்வதற்குரிய சிறப்பான காரணம் உயர்ந்த கால எண் (time constant) உடைய மின்னேற்பியானது மின்னிழப்பதாலேயன்றி இழையை நோக்கி எலெக்ட்ரான்கள் கசிவதாலல்ல என்பதனை நாம் முக்கியமாகக் கவனிக்க வேண்டும். பிந்திய விளைவு ஒவ்வொரு நேர்மின் உச்ச மதிப்பிலும் இடைவாய் கடத்தும் மிகக் குறுகிய துடிப்புகளின்போது மட்டிலுமே உள்ளது. அப்போதுகூட அதற்கு நடைமுறைச் சிறப்பு ஏதுமில்லை. C_1 ஆனது ரேடியோ அலைவெண் பகுதிக்குக் கிளைப்பாதையாக அமைவதால் C_1-ல் உள்ள ரேடியோ அலைவெண் மின்னழுத்தம் முழுவதும் R_1-லும் இருக்கின்றது. இது, பண்பேற்றத்தால் உண்டாகும் செவியுறு அலைவெண் கூறு, ரேடியோ அலைவெண் ஊர்தி அலைகள் உண்டாக்கும் இடைவாய் மின்னோட்டத்துடன் சேர்ந்து உள்ளது. இது அகவாய் இசைவுச் சுற்றில் சிறிது தேய்வுறுதலை உண்டாக்குகிறதே தவிர கண்டுபகுத்தலில் எவ்விதப் பங்குமேற்பதில்லை.

வளைபகுதி-நேர்மின்வாய் கண்டுபகுத்தலில் உள்ளதுபோல் வலுக்குறைந்த சைகைகளுக்குத் தொலைபேசியில் சைகையின் வலுவானது உள்ளிடும் சைகையினது மின்னழுத்தத்தின் வீச்சின் இருபடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும் (இருபடி விதி கண்டுபகுத்தல்). இக்காரணத்தினால் இடைவாய் மின்னோட்டக் கண்டுபகுப்பான் ரேடியோத் தொலைபேசிச் சைகையினைத் திரிபடையச் செய்யும். இது கம்பியில்லாத் தந்தியில் செய்திகளைப் பெறுவதில் எவ்வித விளைவையும் உண்டாக்குவதில்லை. ரேடியோத் தொலைபேசியில் உள்வரும் சைகைகளின் வீச்சு (amplitude) மிகப் பெரிதாக இருந்தால் அதனாலும் திரிபு உண்டாக வாய்ப்புண்டு. இதற்குரிய காரணம் வெளிப்படை. செவியுறு அலைவெண் சைகைகளின் மிகப் பெரிதாக இருந்தால், இடைவாயின் சராசரி மின்னழுத்தம் உள்ளீட்டினை (input) ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புக் கோட்டின் கீழ் வளைவில் ஊசலாடச் செய்யும். அதனால் கீழ்வளைவில் கண்டுபகுத்தல் (lower bend detection) நிகழும். பிந்தியது நேர்மின்வாயின் சராசரி மின்னோட்டத்தை அதிகரிக்க முயலும். இவ்வாறு அதிகரிக்கும் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் இடைவாய் மின்னோட்டக் கண்டு

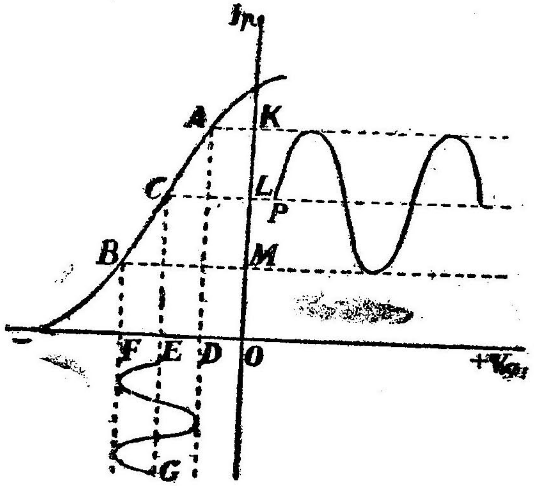
பகுத்தலுக்கு எதிரிடையாகப் பாய்ந்து அதனைக் குறைக்க முயலும். எனவே, திரிபு ஏற்படுகிறது. எனவே, இங்கேயும் இரு வகைகளைப் பிரித்தறியலாம்.

வலுக்குறைந்த சைகைகளைக் கண்டுபகுத்தல்: இடைவாய் மின்னோட்டக் கண்டுபகுப்பான் வளைபகுதி-நேர்மின்வாய் கண்டுபகுப்பானைவிட மிகுந்த நுட்பம் வாய்ந்தது.

திறன்-இடைவாய் கண்டுபகுத்தல்: இதில் நேர்மின் வாய்க்கு உயர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு, சுழற்சிகளின் எதிர்மின் பாதிகளின்போது மிக உயர்ந்த வீச்சுடைய சைகைகள் பயன்படுத்தப்பெறும் ஒன்றுக்கொன்றான தற்சிறப்புக் கோட்டின் கீழ்வளைவை அடையாமல் தடுக்கக்கூடிய அளவு உயர்ந்திருக்கும். பொதுவாக, திறன்-இடைவாய் கண்டுபகுத்தலில் திறன்-நேர்மின்வாய் கண்டு பகுத்தலில் உள்ளதைவிடக் குறைவான திரிபே இருக்கும். ஆனால், திறன்-இடைவாய் கண்டுபகுத்தலின்போது அகவாய்ச் சுற்றில் பெருமளவு திரிபுண்டாகிறது. இத் திரிபு திறன்-நேர் மின்வாய் கண்டுபகுத்தலில் உண்டாவதைவிட மிகமிக அதிகம். இதுவே திறன்-இடைவாய் கண்டுபகுத்தலின் பெருங்குறையாகும்.

மும்முனைக் குழாய் பெருக்கி: மும்முனைக் குழாய் பெருக்கியாகச் செயல்படுவதன் முக்கியமான தத்துவம் முன்னரே குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. அ-து., இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் மாறுதல்களால் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் நேர்மின்வாய் (மின்னழுத்தத்தின் அதே அளவு மாற்றத்தால் உண்டாவதைவிட) மிக அதிகம். இந்தப் பெருக்கும் செயலைப் புரிந்து கொள்வதற்கு ஒன்றுக்கொன்றான தற்சிறப்புக் கோட்டின் செங்குத்தான நேர்கோட்டுப் பகுதி ACB-யினை எடுத்துக் கொள்வோம். நேர்கோட்டுப் பகுதியின் மையப்புள்ளி C ஐ, மின்குழாய் வேலை செய்யும் நிலையாகத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்வோம். அ-து., E-என்னும் புள்ளியால் குறிக்கப்படும் எதிர்மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகின்றது. இப்போது, ஓர் இருதிசை மின்னழுத்தத்தை இடைவாய்க்குக் கொடுத்தால் அதன் மின்னழுத்தம் அதற்கேற்ப மாறும். அலையின் நேர்பாதி (positive half of the wave இடைவாய் மின்னழுத்தத்தை OE-லிருந்து OD-க்கு உயர்த்துகின்றது. (அ-து., இடைவாய் ஆரம்பத்திலிருந்ததைவிடக் குறைவான எதிர்மின்னுடையதாகின்றது. எதிர்ப்பாதி இதனை OE-லிருந்து OF-க்குக் குறைக்கும். அ-து., இடைவாயின் எதிர்மின்னழுத்தம் அதிகமாகின்றது. இடைவாய் மின்

னழுத்தம் OD ஆக இருக்கும்போது தகட்டு மின்னோட்டம் OK. அது OF ஆகும்போது மற்றது OM ஆகின்றது. இவ்வாறு இடைவாய் மின்னழுத்தம் OD-க்கும் OF-க்கும் இடையே மாறும்போது தகட்டு மின்னோட்டம் OK-க்கும் OM-க்குமிடையே அலைவடிவில்



படம் 54. மும்முனைக் குழாயின் பெருக்கும் செயல்

மாறுகின்றது. G என்பது இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடுகளையும், P என்பது தகட்டுச் சுற்றிலேயும் மின்னோட்ட மாறுதல்களையும் குறிக்கும் அலைவடிவ வளைகோடுகள். இவற்றை ஒப்பிடத் தற்சிறப்புத் வளைகோடு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு செங்குத்தாக இருக்கின்றதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு தகட்டு மின்னோட்டத்தில் மாறுதல்கள் அதிகமாக இருக்கின்றன எனக் காண்கிறோம். எனவே, அதிகமான பெருக்கத்தைப் பெறுவதற்கு வளைகோட்டின் மிகவும் செங்குத்தான பகுதியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்; மேலும், மின்குழாய் வேலை செய்யும் நிலை இந்தச் செங்குத்தான பகுதியின் மையத்தில் இருப்பதற்கேற்ற இடைவாய் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட வேண்டும். இந்நிலைகளில், உள்வரும் வலுக்குறைந்த சைகை இடைவாய் வழியாகச் செலுத்தப்பட்டால், அது தகட்டு மின்னோட்டத்தில் வலுவூட்டப் பெறுகின்றது அல்லது பெருக்கமடைகின்றது.

மின்குழாயைப் பெருக்கியாகப் பயன்படுத்துவதற்குத் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள், அதற்கிசைந்த மாறுதல்களைத் தகட்டுச் சுற்றில் உள்ள ஒரு புற மின்தடுப்பின் குறுக்கே

உள்ள மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படுத்த வேண்டும். ஏனெனில், தகட்டிற்கு ஒரு நிலையான மின்னழுத்தம் கொடுப்பதற்காக அதனை உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கின் (H.T. battery) நேர் முனையுடன் நேராக இணைத்துவிட்டால் தகட்டு மின்னோட்டத்துள்ள மாறுதல்கள் தகட்டு மின்னழுத்தத்தில் எவ்வித மாறுதல்களையும் விளைவிக்காது என்பது வெளிப்படை. ஆனால், புறமின் தடுப்பு காட்டாக, உயர்மின் தடை (R) ஒன்றினைத் தகட்டுச் சுற்றில் தகட்டுக்கும் உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கிற்கும் இடையே அல்லது தாழ்அழுத்த மின்கல அடுக்கு உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கு ஆகியவற்றிற்கிடையே சேர்த்தால் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் ஒரு மாறுதல் dI ஆனது (இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் dV_g எனும் ஒரு சிறு மாறுதலால் விளைகின்றது) மின் தடையின் இருமுனைகட்குமிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் $dE = RdI$ அளவு மாற்றத்தை உண்டாக்கும். அப்பொழுது உண்டாகும் பெருக்கம்

$$\frac{dE}{dV_g} = \frac{RdI}{dV_g} \qquad \ldots\ldots (1)$$

மின்குழாயின் பெருக்கற்பலன் எண் μ ஆனால், இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் dV_g அளவு மாறுதல் தகட்டு மின்னழுத்தத்தில் $\mu.dV_g$ எனும் மாறுதலை உண்டாக்கும். $\mu.dV_g$ ஆனது உள்மின்தடை (R_i) உள்ள மின்குழாய், புறமின் தடையாகிய R ஆகிய இரண்டிற்கும் குறுக்கே செயல்படுகிறது. எனவே, தகட்டு மின்னோட்டத்தின் மாறுதலை

$$dI = \frac{\mu.dV_g}{R + R_i} \qquad \ldots\ldots (2)$$

என்பது கொடுக்கிறது.

$$\therefore \text{ கிடைக்கும் பெருக்கம்} = \frac{dE}{dV_g}$$

$$= R\,\frac{\mu.dV_g}{(R + R_i).dV_g}$$

$$= \mu.\frac{R}{R + R_i}$$

R-ன் மதிப்பு உயர உயர $\frac{R}{R + R_i}$-ன் மதிப்பு ஒன்றினை நெருங்குகின்றது என்பது இத் தொடர்பிலிருந்து தெரிகிறது. எனவே, உண்மையில் நமக்குக் கிடைக்கும் பெருக்கம் மின்குழாயின் பெருக்கற்பலன் எண் μ ஐ நெருங்குகிறது.

மேல் விவாதத்தில் தகட்டுச் சுற்றில் புறமின் தடுப்பாகத் தூண்டும் வகையைச் சாராத மின்தடை R ஐ எடுத்துக் கொண் டோம். ஆனால், அது ஒரு மின்பொருண்மைச் சுருளாகவோ இரும்பு உள்ளக மின்பொருண்மைச் சுருளாகவோ அல்லது இவற்றின் தொகுப்பாகவோ அல்லது மின்பொருண்மைச் சுருள் ஒன்றும், ஒரு மின்னேற்பியும் இணையாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ள இசை விக்கப்பட்ட சுற்றாகவோகூட இருக்கலாம். மேலும், புற மின்தடை R ஏறத்தாழ உள் மின்தடை R_i -க்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். நடைமுறையில் மின்குழாயைக் கொண்டு திரிபில்லாமல் பெரும ஆற்றலைப் பெறுவது இயலாத ஒன்று எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. திரிபில்லாத திறன்பெருக்கத்திற்குப் புறமின் தடுப்பு R_i ஐக் காட்டிலும் கணிசமான அளவு பெரிதாக இருக்கவேண்டும். அப்போது தான் தகட்டு மின்னோட்டத்தின் சிறு மாறுதல்களும் புறமின் தடுப்பின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் பெரும் மாறுதல்களை உண்டாக்கும். மின்குழாயுடன் புறவாய்ச் சுற்றைப் பொருந்தச் செய்தல் (matching) எனப்படும் செய்முறை இதில் கையாளப்படுகிறது.

திரிபில்லாத பெருக்கத்திற்கான நிபந்தனைகள்: பெருக்கும் செய்முறை எதிலும் திரிபு உண்டாகக் கூடாது. அதிலும் குறிப் பாக ரேடியோ தொலைபேசியில் திரிபே கூடாது. திரிபு உண் டாதற்குரிய இரு காரணங்களாவன:

(அ) உள்ளிடப்படும் அலைவுறும் மின்னழுத்தத்தினால் கிடைக் கும் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் மதிப்புகள் ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புக்கோட்டின் வளைந்த பகுதியில் அமையுமாறு இடை வாய் மின்னழுத்தத்தின் சராசரி மதிப்பிருந்தால் நிவர்த்தித்தல் நிகழும். எனவே, தகட்டு மின்னோட்டத்தின் அலைவடிவமும் வெளி விடப்படும் மின்னழுத்த அலைவடிவத்தின் உள்ளிடும் மின்னழுத்த அலைவடிவத்தின் படிமமாக (replica) இருக்காது. அ-து., திரிபு உண்டாகிறது.

(ஆ) உள்ளிடும் மின்னழுத்தச் சுழற்சியின் எப்பகுதியின் போதும் இடைவாய் மின்னோட்டம் பாயுமானால், அகவாய்ச் சுற்றில் திரிபு உண்டாகிறது. இதனால் அலைவுறும் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் மாறுதல்கள் உண்டாகின்றன. இது உள்ளிடும் நிலையில் முன்னரேயுள்ள சைகையின் அலைவடிவத்தைத் திரி படையச் செய்கிறது.

எனவே, திரிபில்லாத பெருக்கத்தை உண்டாக்கத் திரிபிற் கான இவ்விரு காரணங்களும் நீக்கப்பட வேண்டும். உள்ளிடு அலைபாயும் மின்னழுத்தத்தின் ஆளுகையினால் இடைவாய்

மின்னழுத்தத்தில் உண்டாகும் மாறுதல்கள் ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புக்கோட்டின் நேர்கோட்டுப் பகுதிக்குள் இருக்குமாறு வரம்புகட்டுவதால் முதற்காரணத்தின் விளைவு நீக்கப்படுகின்றது. உள்ளிடு மின்னழுத்தச் சுழற்சியின் நேர்பாதியின்போது இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் உச்ச மதிப்பு இடைவாய் மின்னேட்டம் பாயும் பகுதிக்குள் செல்லாதிருப்பதற்கு ஏற்ற அளவு இடைவாய் மின்னழுத்தத்தைச் சரிசெய்வதால் இரண்டாவது காரணத்தின் விளைவு நீக்கப்படுகின்றது. ஒப்பீட்டில் உயர்ந்த இடைவாய் எதிர்மின்னழுத்தமும், ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புகளின் நேர்கோட்டுப் பகுதியில் மின்குழாயை வேலை செய்யச் செய்வதும் திரிபில்லாத பெருக்கத்தைப் பெறுவதற்கான இரு நிபந்தனைகளாகும். நடைமுறையில், இடைவாய் மின்னேட்டம்பாயத் தொடங்கும் நிலையில் உள்ள இடைவாய் மின்னழுத்தத்திற்கும் ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புக்கோடு வளைய ஆரம்பிக்கும் நிலையில் உள்ள மின்னழுத்தத்திற்கும் நடுவில் உள்ள மதிப்பினை இடைவாய் மின்னழுத்தம் பெற்றிருந்தால் சிறந்த பயன் விளைகின்றது. இது நடு-நிலை சார்பேற்றம் (mid-point biasing) எனப்படுகின்றது.

பல்வகைப் பெருக்கங்கள் : பொதுவாக ஒரு சைகையினை நிவர்த்திப்பதற்கு முன்னே அல்லது பின்னே பெருக்கலாம். இதிலிருந்து உயர்அலைவெண் பெருக்கம் (ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கம்), தாழ்அலைவெண் பெருக்கம் (செவியுறு அலைவெண் பெருக்கம்) என இரு வகைகள் தோன்றின. மின்னழுத்தப் பெருக்கம் (voltage amplification), திறன் பெருக்கம் (power amplification) என இரு வகையாகவும் பிரிப்பதுண்டு. முன்னது, தகட்டுச் சுற்றில் உள்ள புறமின் தடுப்பின் குறுக்கே உண்டாகும் வெளிப்படும் மின்னழுத்த மாறுதல்களுக்கும் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்தின் மாறுதல்களுக்கும் இடையேயுள்ள விகிதம். இதைப்பற்றி முன்னரே பார்த்தோம். பின்னது வெளிப்பாட்டின் திறனுக்கும் உள்ளிடும் திறனுக்குமுள்ள விகிதம். அலை ஏற்றல், பரப்பல் ஆகியவற்றில் சில நிலைகளில் திறன்பெருக்கம் தேவைப்படுகிறது. காட்டாக, ஏற்பியின் இறுதிக் கட்டம். இங்கே, வெளிவரும் செவியுறு சைகைகளின் உரப்பு (loudness) தகட்டுச் சுற்றிலுள்ள மின்தடுப்பில் தோற்றுவிக்கப்படும் திறனைப் பொறுத்திருக்கிறது. தற்காலத்திய பரப்பிகளில் வான்கம்பி நிலையில் திறன்பெருக்கம் தேவைப்படுவது மற்றோர் எடுத்துக்காட்டாகும். மின்குழாய்ப் பெருக்கியில் வெளிப்படும் திறன் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் இருபடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறதெனக் காட்டலாம். திறன் $W \propto V_g^2$ எனவே, உள்ளிடும் இருதிசை மின்னழுத்தத்தை இருமடங்காக்கினால் வெளிப்படும் இருதிசை

மின்திறன் நான்மடங்காகும். மேலும், நாம் முன்னரே பார்த்தது போலப் புறமின் தடுப்பு மின்குழாயின் உள்மின் தடைக்குச் சமமாக இருந்தால், வெளிப்படும் திறன் பெருமமாக இருக்கும். திரிபில்லாத பெருக்கத்திற்குப் புறமின் தடுப்பு உள்மின்தடையை விடக் கிட்டத்தட்ட இருமடங்கு பெரிதாக இருக்கவேண்டும். திறன்பெருக்கத்திற்குப் பயன்படும் மின்குழாய்கள் பொதுவாகச் சிறிய உள்மின் தடையைப் பெற்றிருக்கும். அது 1000-லிருந்து 5000ஓம்களுக்குள் இருக்கும். இதனால் புறமின் தடுப்புடன் இதனைப் பொருந்தி இருக்கச் செய்யவியலும். மேலும், வழக்கமான தகட்டு மின்னழுத்தத்தைவிட உயர்ந்த மின்னழுத்தங்களில் பயன்படுவதற்கேற்ப இவை செய்யப்படுகின்றன. ஏனெனில், திறனானது உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கிலிருந்து எடுக்கப்படுகிறதேயன்றி மின்குழாயிலிருந்தன்று. அவற்றின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் சிறிதாக இருக்கும். அதாவது, 2-லிருந்து 10-க்குள்ளிருக்கும். எனவே, அவற்றின் ஒன்றுக்கொன்றான தற்சிறப்புக் கோடுகள் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் அகன்ற எல்லைக்கு நேர்கோடாகவே இருக்கும். இதனால் குறிப்பிடத்தக்க அளவு உயர்ந்த இடைவாய் மின்னழுத்தத்தைப் பயன்படுத்தலாம். எனவே, இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் அதிகமான அளவு மாறுதல்களுக்கும் திரிபில்லாத திறன்பெருக்கத்தை உண்டாக்க முடியும்.

பெருக்கிகளின் வகைகள் : மின்குழாய் வேலை செய்யும் நிலைகளுக்கேற்பப் பெருக்கிகள் பல பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தப்படுகின்றன. அவையாவன :

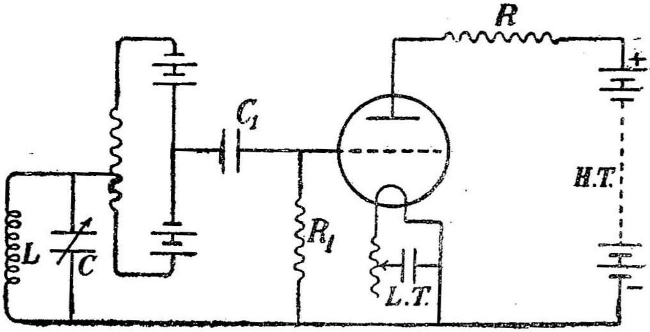
A வகைப் பெருக்கி : இதில், ஒன்றுக்கொன்றான தற்சிறப்பின் நேர்கோட்டுப் பகுதிக்குள் மின்குழாய் வேலை செய்வதற்கேற்றவாறு இடைவாய் மின்னழுத்தமும், உள்ளிடு சைகைகளின் மின்னழுத்தமும் இருக்கும். இதனால், உள்ளிடும் இருதிசை மின்னழுத்தச் சைகையின் சுழற்சி முழுவதிலும் தகட்டு மின்னோட்டம் தொடர்ந்து பாயும். சைகை ஏதும் உள்ளே வராதபோது உள்ள தகட்டு மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு வளைகோட்டின் நேர்கோட்டுப் பகுதியின் நடுவில் இருக்குமாறு இடைவாயின் ஒருதிசை மின்னழுத்தம் சரிசெய்யப்படுகின்றது. உள்ளிடும் சைகையின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் பெருமமாக இருக்கவேண்டும் என விரும்பும்போது இவ்வகைப் பெருக்கம் மிகுந்த பயனுடையது. பயனுடைய வெளிப்படும் திறனுடன் தகட்டில் உள்ளிடும் ஒருதிசைத் திறனை ஒப்பிடக் கிடைக்கும் பயனுறுதிறன் குறைவாகவேயுள்ளது. ஆனால், வெளிப்படும் சைகையின் திறனுடன் உள்ளிடும் சைகையின் திறனை ஒப்பிடக் கிடைக்கும் பயனுறுதிறன் மற்ற எவ்

வகைப் பெருக்கியினுடையதைக் காட்டிலும் மிக உயர்ந்ததே. செவியுறு அலைவெண், ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கங்களில் இவ்வகை பயன்படுகிறது.

B வகைப் பெருக்கி: இவ்வகையில், உள்ளிடும் சைகையின் இரு திசை மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பாதிக்கு மட்டிலுமே (தோராயமாக) தகட்டு மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு ஏற்ற வகையில் இடைவாய் மின்னழுத்தமும் உள்ளிடும் சைகையின் மின்னழுத்தமும் இருக்கும். உள்ளிடும் சைகை இல்லாதபோது தகட்டு மின்னோட்டம் ஏறக் குறையச் சுழியாக இருக்குமாறு இடைவாய் மின்னழுத்தம் சரி செய்யப்படுகின்றது. இவ்வகைப் பெருக்கி A வகைப் பெருக்கி யைக் காட்டிலும் மிகவும் உயர்ந்த தகட்டுப் பயனுறுதிறன் (plate efficiency) உடையது. செவியுறு அலைவெண் அல்லது பண் பேற்றிய ரேடியோ அலைவெண் சைகைகளை உயர்ந்த பயனுறு திறனுடனும், பொறுத்துக் கொள்ளத்தக்க திரிபுடனும் ஒரு படிப் பெருக்கம் (linear amplification) செய்வதற்கு இது வழக்க மாகப் பயன்படுகிறது.

C வகைப் பெருக்கி: இதில், உள்ளிடு சைகையின் மின்னழுத்தச் சுழற்சியின் அரைவாசிக்கும் கணிசமான அளவு குறைந்த நேரத் திற்கே தகட்டு மின்னோட்டம் பாயுமாறு இடைவாய் மின்னழுத்த மும், உள்ளிடு சைகையின் மின்னழுத்தமும் இருக்கும். உள்ளிடு சைகை மின்னழுத்தம் இல்லாதபோது தகட்டு மின்னோட்டத்தை நிறுத்துவதற்குத் தேவையானதைவிடக் கணிசமான அளவு அதிக மான (வழக்கமாக இருமடங்கோ அல்லது மும்மடங்கோ) எதிர் மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இது வேறு எவ்வகையைக் காட்டிலும் மிக உயர்ந்த தகட்டுப் பயனுறுதிறன் உடையது; ஒரு மின்குழாயிலிருந்து மிக உயர்ந்த அளவு ரேடியோ அலைவெண் வெளிப்பாட்டைக் கொடுக்கவல்லது. எனவே, பரப்பி களின் ரேடியோ அலைவெண் நிலைகளில் இது பெரிதும் பயன்படுத் தப் பெறுகிறது. உயர்ந்த இடைவாய் எதிர்மின்னழுத்தத்தாலும் அதிகமான வெருட்டும் மின்னழுத்தத்தாலும் (driving voltage) உயர்ந்த பயனுறுதிறன் கிடைக்கிறது. இடைவாய் மின்னோட்டமும் தகட்டு மின்னோட்டமும் வெருட்டும் மின்னழுத்தத்தின் நேர்பாதிச் சுழற்சி முழுவதற்கும் ஆகும் நேரத்தைக் காட்டிலும் குறைவான நேரமே பாயுமாறு செய்யப்படுகின்றன. தகட்டு மின்னோட்டத் தின் மிகப்பெரிய ஒரு துடிப்பு ஒப்பீட்டில் குறைந்த நேரம் பாய் வதால் குழாய் சூடாக்கப்படுவது குறைக்கப்படுகின்றது. பயனுறு திறன் அதிகமாக இருப்பதால், குழாய் எந்த அளவு அதிகமான வெப்பத்தை இழக்கக்கூடுமென வரையறுக்கப்பட்டுள்ளதோ அந்த நிலையைத் தாண்டுவதற்கு முன்னதாகவே அது வேலை செய்யும் திறன்மட்டத்தை உயர்த்த முடிகிறது.

ஓர் எளிய நேர்மின்வாய் மின்தடைப் பெருக்கியின் சுற்று விவரங்கள் படம் 55-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. உள்ளிடும் சைகைக்கு இசைவிக்கப்பட்ட அலைவுறும் சுற்று (oscillatory



படம் 55. நேர்மின்வாய் மின்தடைப் பெருக்கியின் சுற்றுப்படம்.

circuit) *LC* இடைவாய்ச் சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இச் சுற்றில் (1) இடைவாயை நடு-நிலை சார்பேற்றம் (mid-point biasing) அடைய வகைசெய்யும் மின்னழுத்த அளவி அமைப்பு (potentiometric arrangement). (2) மின்னேற்பி C_1, இடைவாய்-கசிவு மின்தடை R_1 ஆகியவை உள்ளன. மின்னேற்பி C_1 ஆனது இடைவாய்க்கு உயர் நேர்மின் அழுத்தம் சேராமல் காப்பிடுகின்றது. இது சிறப்பாகப் பல மின்குழாய்களைப் பயன்படுத்திப் பெருக்கம் செய்யும்போதே தேவைப்படுகின்றது. இடைவாயில் எதிர்மின்னேற்றம் குவிதலையும் அதனால் தகட்டு மின்னோட்டம் அற்பமானதாகும் அளவிற்கு இடைவாய் எதிர்மின்னழுத்தம் உயர்வதையும் தடைசெய்யும் பணியை R_1 செய்கின்றது.

திரிபில்லாத பெருக்கத்தை விளைவிப்பதற்கு முதல் குழாயானது தான் ஏற்ற அலைஉருவ மின்னழுத்தத்தைப் போன்றே இருக்கும் ஒரு மின்னழுத்தத்தை இரண்டாவது குழாய்க்கு அனுப்ப வேண்டும். ஆதலால் மின்னேற்பி, இடைவாய்க் கசிவு ஆகியவற்றின் இடைவாய் மின்னோட்டம் பாயும்போது அலை உருவத்தைச் சமச்சீரில்லாமல் குலைக்கும் தன்மையைக் குறைக்க வேண்டியுள்ளது. இதனை நாம் இங்கே கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். எனவே, பெருக்கிகளில் உள்ள மின்னேற்பிகள் நிவர்த்திப்பானில் உள்ளவற்றைக் காட்டிலும் அதிகமான மதிப்புடையன; கசிவு மின்தடை பொதுவாகச் சற்றுச் சிறிதாகவே இருக்கும். தகடு உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கு ஒன்றுடன் புறமின் தடுப்பு R-ன் வழியாக இணைக்கப்படுகிறது. R-ன் மதிப்பு மின்குழாயின் உள்தடையைவிடச் சற்று அதிகமாக இருக்கும்.

இத்தகைய ஓர் அமைப்பில் தகட்டு மின்னோட்டத்தின் அலைவுகள் உள்ளிடும் அலைவுகளைவிட உயர்ந்த வீச்சினைப் பெற்றிருக்கும். ஆனால், அதன் உருவம் உள்ளிடும் சைகையின் படிமமாக (replica) இருக்கும். இவ்வாறு, திரிபில்லாத பெருக்கம் தகட்டுச் சுற்றில் ஏற்படுகின்றது. இதனை மேலும் பெருக்குவதற்காகத் தகுந்த ஒரு பிணைப்புச் சுற்றின் (coupling circuit) வழியாக அடுத்த மின் குழாய்க்குச் செலுத்தக்கூடும்.

பலமின் குழாய்ப் பெருக்கி: மிகவும் தொலை தூரத்திலுள்ள பரப்பியிலிருந்தோ அல்லது குறைந்த திறன் வாய்ந்த பரப்பும் நிலையத்திலிருந்தோ வருகிற சைகைகளைத் தெளிவாகப் பெறுவதற்குப் பலமின் குழாய்களை நிவர்த்தித்தலுக்கு முன்னோ பின்னோ பயன்படுத்திப் பெருக்குவது வழக்கம். அவைகளைத் தொடர்நிலையிலோ (இது அருவி அமைப்பு எனச் சங்கேதமாகத் தொழில்துறையில் குறிப்பிடப்படும்) இணைநிலையிலோ அல்லது தள்ளு-இழு அமைப்பு (push-pull system) எனப்படும் முறையிலோ சேர்க்கலாம்.

அருவிப் பெருக்குதல்: இதில், பலவகைப்பட்ட மின்குழாயிடைப் பிணைப்புச் சுற்றுகள் (inter-valve coupling) கையாளப் படுகின்றன; பயனாகும் வகைக்கேற்பப் பெருக்கிகள் மின்தடை, மின்பொருண்மை இசைவித்த நேர்மின் வாய் (tuned anode), மின்மாற்றிப் பெருக்கிகள் என அழைக்கப்படுகின்றன. முதல் மின்குழாயின் தகட்டுச் சுற்றில் உள்ள மின்தடுப்பின் குறுக்கே பெருக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் இரண்டாவது மின்குழாயின் இடைவாய்க்கும் அதனைத் தொடர்ந்து அடுத்தடுத்துப் பல குழாய்கட்கும் செலுத்தப் பெற்று ஒவ்வோரிடத்திலும் பெருக்கப்படுவதே இம் முறையின் பொதுத் தத்துவமாகும்.

மின்தடை-மின்னேற்பிப் பிணைப்பு (Resistance-capacity coupling): இதில் முதல் மின் குழாயின் சுமையாகிய மின்தடை R-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தம், இரண்டாவது மின்குழாயின் இடைவாய்க்கு இடைநிலைப்பட்ட ஒரு மின்னேற்பியின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. இந்த மின்னேற்பி முதல் மின்குழாயின் தகட்டிலிருந்து வரும் செவியுறு அலைவெண் மின்னழுத்தத்திற்குக் குறைந்த மின்னெதிர்ப்புப் பாதையாக அமைகின்றது. இவ்வமைப்பு அலைவெண்களின் அகன்ற வீச்சிற்கும் ஒரே அளவான பெருக்கத்தைக் கொடுக்கிறது. இது ஒரு நன்மையாகும். ஆனால், மின்தடைச் சுமையின் குறுக்கே ஓரளவு மின்னழுத்த வீழ்ச்சி ஏற்படும். இது ஒரு குறை. செவியுறு அலைவெண்ணைப் பெருக்கும் நிலைகளில் இது அடிக்கடி பயன்படுத்தப் பெறுகிறது. ஆனால்,

ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கிகளில் அவ்வளவாகப் பயன்படுவ தில்லை. ஏனெனில், பிணைக்கும் மின்தடையே மின்னேற்புத் திறன் களைப் பெற்றுள்ளது. இவை மின்தடையுடன் இணைநிலையில் அமைந்து தடம் மாற்றும் மின்தடுப்பாக (shunt impedance) உரு வாகின்றன. இந்த மின்தடுப்பின் மதிப்பு அலைவெண் அதிகமாக ஆகக் குறையும்.

மின்பொருண்மை-மின்னேற்பிப் பிணைப்பு (Inductance-capacity coupling): புறமின் தடுப்பானது குறைந்த மின்தடையும், ஆனால் உயர்ந்த மின்னெதிர்ப்பும் (reactance) உடைய ஒரு மின் பொருண்மைச் சுருள் அல்லது இரும்பு உள்ளக மின்பொருள் சுருளாகும். முதல் மின்குழாயின் இந்த மின்தடுப்பின் குறுக்கே பெருக்கமடைந்த இருதிசை மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது. இது இரண்டாவது மின்குழாயின் இடைவாய்க்கு ஒரு மின்னேற்பியின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. மின்பொருண்மைச் சுருளின் மின் தடை சிறிதாக விருப்பதால், அதன் குறுக்கே உண்டாகும் மின் னழுத்தமும் குறைவாகவே இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட மின் பொருண்மைச் சுருளால் கிடைக்கும் பெருக்கமானது பெருக்கப் படும் அலைவெண்ணுக் கேற்ப மாறுகின்றது. இதனால் 'உச்ச விளைவு' (peak effect) உண்டாகின்றது. இது பெருக்கிகளில் விரும்பத்தகாத ஒன்றாகும். இதுவே இம் முறையிலுள்ள பெருங் குறை. உயர்மின் தடை ஒன்றினை மின்பொருண்மைச் சுருளாகப் பயன்படுத்தி இதனைத் தவிர்க்கலாம்.

இசைவித்த நேர்மின்வாய்ப் பிணைப்பு (Tuned anode coupling): முந்திய முறையைச் செம்மைப்படுத்த இது உருவாகியது. பல் வேறு அலைவெண்களுக்குமுண்டாகும் உச்ச விளைவுகள் இதில் ஒரு நன்மையாகப் பயன்படுத்திக் கொள்ளப்பட்டுள்ளன. தகட்டுச் சுற்றிலுள்ள மின்பொருண்மைச் சுருளின் குறுக்கே மாற்றிக் கொள்ளத் தக்க மதிப்புடைய மின்னேற்பி ஒன்றினை இணை நிலை யாகச் சேர்த்தால், இந்த இணைநிலைச் சுற்றினை எந்த ஓர் அலை வெண்ணிற்கும் ஒத்ததிர்வு உண்டாக்க (resonance) முடியும். அதனால் அலைவெண்ணின் தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட சிறு வீச்சிற்குள் பெருமப் பெருக்கத்தை அடைய முடியும்.

கடைசி இருமுறைகளையும் செவியுறு அலைவெண்ணிற்கும் ரேடியோ அலைவெண்ணுக்கும் பயன்படுத்தலாம். மின் பொருண்மைச் சுருளின் விலை மின்தடையின் விலையுடன் ஒப்பிட மிக அதிகமாக இருப்பதால், இவ்வகைப் பெருக்கிகள் இசைவித்த

நேர்மின்வாய்ப் பிணைப்பினுல் கிடைக்கக்கூடிய உயர்ந்த பொறுக்கும் திறம் வேண்டப்படும் இடங்களில் தவிர மற்றப்படி பயன் படுத்துவது அருமை.

மின்மாற்றிப் பிணைப்பு (Transformer coupling): இதில், முதல் மின்குழாயின் தகட்டுச் சுற்றில் வெளிப்படும் மின்னழுத்தம் இரண்டாவது மின்குழாயின் இடைவாய்க்கு ஒரு மின்மாற்றி [உயர்த்தும் மின்மாற்றி (step up transformer)] வழியாகச் செலுத்தப்படுகின்றது. மின்மாற்றிக்கு வரும் மின்னழுத்தம் அதன் மாற்றும் விகிதத்தின் (transformation ratio) மடங்கு அதிகரிக்கின்றது. எனவே, மற்ற வகைப் பிணைப்புகளில் கிடைப்பதைவிட மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தப் பெருக்கம் கிடைக்கின்றது. மின்மாற்றி கொண்டு மின்குழாய்களைப் பிணைப்பதில் ஒரு மின்குழாயின் தகட்டிற்கும் அடுத்ததன் இடைவாய்க்கும் இடையே நேரடித் தொடர்பு ஏதும் இல்லாததால் ஒரு மின்னேற்பியினை இடைநிலையாகப் பயன்படுத்த வேண்டிய தேவையில்லை. மின்மாற்றி இணைப்பின் துணைச் சுற்றில் ஒரு மின்னேற்பியும் இடைவாய்க் கசிவும் காணப்பட்டால், அடுத்த மின்குழாய் இடைவாய்க் கசிவு நிவர்த்திப்பைப் பயன்படுத்தும் ஒரு நிவர்த்திக்கும் மின்குழாயே என நிச்சயமாகக் கண்டுகொள்ளலாம். எனவே, மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருள் முதல் மின்குழாயின் தகட்டுச் சுற்றில் சேர்க்கப் படுகின்றது. துணைச்சுற்றின் குறுக்கே தூண்டப்படும் மின்னழுத்த மாறுதல்கள் அடுத்த மின்குழாயின் இடைவாய்க்கு நேராகக் கொடுக்கப்படுகின்றன.

மின்மாற்றிப் பெருக்கிகளைச் செவியுறு அலைவெண், ரேடியோ அலைவெண் ஆகிய இரண்டையுமே பெருக்குவதற்குப் பயன் படுத்தலாம். ஆனுல், இரண்டிலும் பயன்படும் மின்மாற்றிகள் சில குறிப்பிட்ட அம்சங்களில் வேறுபட்டிருக்கும்.

செவியுறு அலைவெண் பெருக்கத்தில், மின்மாற்றி ஓர் இரும்புச் சலாகையின் (iron core) மீது சுற்றப்பட்டிருக்கும். இதனுல் காந்தக் கசிவு (magnetic leakage) புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறியதாக இருக்கும்; அல்லது பிணைப்பு கிட்டத்தட்ட முழுமை பெற்றதாக இருக்கும். மேலும் துணைச்சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் முதன்மைச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள விகிதம் 5 : 1 அல்லது 7 : 1 என இருக்கும். இதனுல் முதற் சுருளின் சுற்றில் உள்ளதைவிட உயர்ந்த மின்னழுத்தம் துணைச் சுருளின் குறுக்கே கிடைக்கின்றது. எனவே, உயர்ந்த மின்னழுத்தப் பெருக்கத்தைப் பெறுகின்றோம்.

ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கத்தில் மின்மாற்றிக்கு இரும்புச் சலாகை இருக்கக்கூடாது. ஏனெனில், உயர்அலைவெண்களில் வரம்பு கடந்த சுழல் மின்னோட்டங்களும், காந்தப் பின்னடைவு இழப்புகளும் ஏற்படும். மின்கடத்தாப் பொருளாலான சட்டத்தின் மீது முடிந்த அளவு குறைவான சுய-மின்னேற்புத் திறனுடன் இருக்கும் வகையில் அவற்றைச் சுற்றலாம். எனினும், இது குறிப்பிடத்தக்க அளவு கசிவை உண்டாக்குகிறது; மேலும், இரும்பு பயன்படுத்தப்பட்டால் இருப்பதைவிடத் தளர்ச்சியாகவே பிணைப்பு இருக்கும். இரும்புத்தூள் சலாகைகள் (powdered iron core) பயன்படுத்தத் திருப்திகரமான பலன் கிடைத்தது. இச் சலாகை அளவிலும் தன்மையிலும் கூழ்நிலையிலுள்ள (colloidal) இரும்புத் துகள்களை உயர்ந்த அழுத்தத்தைக் கையாண்டு ஒரு கடத்தாப் பொருளில் பதியச் செய்து தயாரிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய சேர்க்கையினால் சலாகை இரும்பின் பண்பைப் பெற்றிருக்கிறது. ஆனால், துகள்களைப் பிரித்து வைக்கும் கடத்தாப் பொருளினால் சுழல் மின்னோட்டங்களும் காந்தப் பின்னடைவு இழப்புகளும்சிறுமமாக்கப்படுகின்றன.

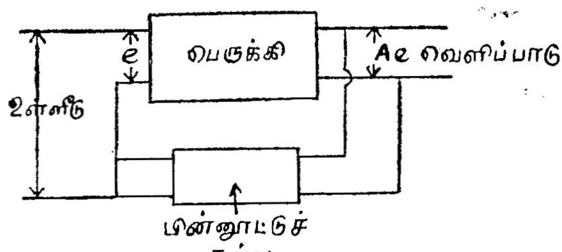
மின்பொருண்மைச் சுருள் இணைப்பில் உள்ளதுபோல மின்மாற்றியிலும் முதன்மைச் சுருளின் சுற்றுகளுக்கிடையேயும் துணைச் சுருளின் சுற்றுகளுக்கிடையேயும்கூட சுய-மின்னேற்பிகள் (self-capacities) உள்ளன. அதனால் உச்சப் பெருக்கத்தைப் பொறுத்த வரையில் அதனையொத்த விளைவுகளை எதிர்பார்க்கலாம். முன் போன்று அதே முறைகளைக் கையாண்டு இவ் விளைவினைத் தவிர்க்கலாம். அ-து., உயர்மின்தடையுள்ள கம்பியினைக் கொண்டு மின் மாற்றியினை இவ் விளைவினை நீக்குதல் அல்லது முதன்மைச் சுருள் அல்லது துணைச்சுருளின் மின்பொருண்மை அல்லது இரண்டையுமே ஏற்கப்படுகின்ற அலைவெண்ணிற்கு இசைவித்தலால் கிடைக்கும் மிகச் சிறந்த பெருக்கத்தைப் பயன்படுத்துதல். இரண்டாவது முறையில் பொறுக்குத்திறன் அதிகரிக்கின்றது.

மேலே நேர்மின்வாய்-மின்தடை, நேர்மின்வாய்-மின் பொருண்மைச் சுருள், நேர்மின்வாய்-மின்மாற்றிப் பெருக்கிகளின் எளிய வகைகளைப் பார்த்தோம். இதனினும் சிக்கலான முறை ஒன்றுள்ளது. இது குறிப்பாக ரேடியோ அலைவெண் வேலைகளில் பயன்படுகிறது. இதற்கு எதிர்வினைப் பெருக்கி (reaction amplifier) எனப் பெயர். இதன் அடிப்படைத் தத்துவம் மின்குழாய் அலைப்பானுடையதைப் போன்றதே. எனவே, மும்முனைக் குழாய் அலைப்பானைப் பார்த்துவிட்டு இதற்கு வருவோம்.

தள்ளு-இழு அமைப்பில் இரண்டு மின்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. இவைகளுக்கு மையச் சுற்றுள்ள ஒரு மின்மாற்றியினால்

மின்னழுத்தங்கள் கொடுக்கப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக ஒரு இடைவாயின் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதே அள விற்கு மற்ற இடைவாயின் மின்னழுத்தம் குறைகிறது. இவற்றிற் கிசைந்த ஏற்ற இறக்கங்கள் தகட்டு மின்னோட்டத்திலும் ஏற்படு கின்றன. இவை மையச் சுற்றுள்ள முதன்மைச் சுருளையுடைய வெளிப்பாட்டு மின்மாற்றியின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகின்றன. மின்னழுத்தத்தில் எவ்வகை மாறுதல்கள் ஏற்பட்டாலும் அவை வெளிப்பாட்டு நிலையில் துணைச்சுருளில் இணைந்து ஒரு கூடுதல் விளைவை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால், வெளிப்பாட்டு மின் மாற்றியைப் பொறுத்தவரையில் இரு மின்குழாய்களிலிருந்து வரும் நிலையான தகட்டு மின்னோட்டங்கள் ஒன்றையொன்று அழித்துவிடுகின்றன. அதனால் இந்த மின்மாற்றியிலுள்ள இரும்புச் சுற்று (iron circuit) நிறைநிலையை அடைவதில்லை. அத னோடு சலாகையில் (core) ஏற்படும் மின்பொருண்மைக் குறைவு படுதலாகிய விரும்பத்தகாத நிலை ஏற்படுவதில்லை. மிகவும் வேறுபட்ட அலைவெண்களில் சீராக இல்லாத பெருக்கத்தினால் விளைகின்ற திரிபினைக் கணிசமான அளவிற்குக் குறைப்பதே இந்தத் தள்ளு-இழு அமைப்பின் நன்மையாகும். மின்குழாயின் தற் சிறப்புக் கோடுகள் வளைந்திருப்பதால் ஏற்படுகின்ற இத்தகைய திரிபு மூல சுரத்துடன் (original note) இரண்டாவது கிளைச்சுரங் களையும் (harmonics) கொடுத்து ஓர் இரட்டிப்பு விளைவை உண் டாக்குகின்றன. தள்ளு-இழு அமைப்பில் ஒரு மின்குழாயின் விளைவு மற்றொன்றினால் சமப்படுத்தப்படுகிறது எனவும் இதனால் 'இரட்டைப்படைக் கிளைச்சுர' (eveu harmonic) திரிபு கணிசமான அளவு குறைகிறது எனவும் கண்டறியப்பட்டது.

பின்னூட்டம் (Feedback): ஒரு பெருக்கியின் பிந்திய நிலையில் உருவாகும் மின்னழுத்த வேறுபாடு அதற்கு முந்தி உள்ள ஒரு நிலையின் உள்ளீட்டினைப் பாதிக்கக் கூடுமானால் அப் பெருக்கியின்



படம் 56. பின்னூட்டத்தின் தத்துவம்

செயல்திறத்தைப் பெருமளவு மாற்றலாம். பின்னூட்டுவிக்கும் சுற்றோடு கூடிய ஒரு பெருக்கி படம் 56-ல் விளக்கிக் காட்டப்

பட்டுள்ளது. பெருக்கிமட்டிலும் A தடவை எனும் பெருக்கற் பலனைப் பெற்றுள்ளது. எனவே, அதன் அகவாய்ச் சுற்றில் e-மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால் அதன் புறவாயில் Ae மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். வெளிப்படும் மின்னழுத்தத்தில் β பகுதி (βAe வோல்ட்டுகள்) பின்னூட்டுவிக்கும் சுற்றினுல் பின்னூட்டுவிக்கப் பெற்று உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்துடன் சேர்கிறது. பெருக்கியின் அகவாய்ச்சுற்றின் முனைகட்கிடையே e மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்க உள்ளிடும் மொத்த மின்னழுத்தம் $e-\beta Ae$ (வெக்டர் வேறுபாடு) ஆக இருக்கவேண்டும்.

பின்னூட்டத்தால் உண்டாகும் விளைவு பின்னூட்டும் மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வுநிலையைப் (phase) பொறுத்திருக்கிறது. இதில் இருவேறு வகைகளுள்ளன. ஒன்று நேர் பின்னூட்டம் (βA நேர்க்குறியுடையது). இதில் பின்னூட்டுவிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்திற்குத் துணைபுரிகிறது. மற்ருென்று எதிர்ப் பின்னூட்டம். இதில் பின்னூட்டுவிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்கிறது.

பின்னூட்டுவிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்கும் அதிர்வு நிலையிலிருந்தால் (βA எதிர்க்குறியுடையது), $(e+\beta Ae)$ எனும் மொத்த உள்ளிடும் வோல்ட்டுகள் (எண் கணிதக் கூடுதல்) e வோல்ட்டுகளைத்தான் பெருக்கப் படுவதற்குக் கொடுக்கும். வெளிப்படும் மின்னழுத்தம் Ae உம், எல்லாவற்றையும் உள்ளடக்கிய பெருக்கம் $\frac{A}{(1+\beta A)e} = \frac{Ae}{(1+\beta A)}$ உம் ஆகும். A பெரிதாக இருந்தால் இப் பெருக்கம் தோராயமாக $\frac{1}{\beta}$ ஆகும். பெருக்கம் குறைகிறது; ஆனுல், அது Aஐச் சார்ந்திருக்கும் தன்மை குறைகிறது. காட்டாக, $\beta = 0.1$ ஆனுல், $A = 100$ ஆக இருக்கும்போது $\frac{A}{(1+\beta A)} = \frac{100}{11} = 9 \cdot 1$;

$A = 800$ ஆனுல் $\frac{A}{(1+\beta A)} = \frac{800}{81} = 9 \cdot 9$. இவ்வாருக, ஊற்றுவாய் மின்னழுத்தங்களில் ஏற்படும் மாறுதல், அல்லது மின்குழாய்த் தற்சிறப்புப் பண்புகளில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் அல்லது சைகையின் அலைவெண் மாறுதல் ஆகியவற்ருல் A-ல் ஏற்படும் மாறுதல்கள் எல்லாவற்றையும் உள்ளடக்கிய பெருக்கத்தில் அதிக மாறுதல் எதனையும் உண்டாக்குவதில்லை. பெருக்கி முன்னிலும் நிலைத்த தன்மையுடன் விளங்கும் சிறந்த அலைவெண் எதிரளிப்பைப் பெற்றிருக்கும் (செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியில் உள்ளதுபோல் ஒரு மட்ட எதிரளிப்பு தேவைப்படுமானுல்). எதிர்ப் பின்னூட்ட

மானது உள்ளிடும் சைகையில் இல்லாத திரிபு ஏதும் பெருக்கியி னுள் தோன்றுவதனைக் குறைக்கிறது. e வோல்ட்டுகள் உள்ளிடப் படும்போது பின்னூட்டமில்லாமல் வெளிப்பாட்டு மின்னழுத்தம் V (= Ae)-யையும், திரிபு மின்னழுத்தம் D-யையும் கொடுக் கின்ற ஒரு பெருக்கியை எடுத்துக்கொள். எதிர்ப் பின்னூட்டம் இருந்தால் $E = e + \beta V$ எனும் உள்ளிடும் மின்னழுத்தம் அதே அளவு (V) வெளிப்பாடு மின்னழுத்தத்தையும், d திரிபு மின்னழுத் தத்தையும் கொடுக்கும். பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம் $\beta V + \beta d$. உண்மையில் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் உள்ளிடு மின் னழுத்தத்திலிருந்து பின்னூட்டுவிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தைக் கழிக்கக் கிடைக்கும் அளவே, அ-து., $E - \beta V - \beta d$. $E - \beta V = e$ எனும் மின்னழுத்தம் சைகை அலைவெண்ணில் உள்ளது; இது V வெளிப்பாடு மின்னழுத்தத்தையும், D திரிபு மின்னழுத்தத்தையும் கொடுக்கிறது. பின்னூட்டுவிக்கப்படும் திரிபு மின்னழுத்தம் $(-\beta d)$ வெளிப்பாட்டில் $-\beta Ad$ ஆகத் தோன்றும்படி பெருக்கப்படுகிறது. இவ்வாறாக மொத்த வெளிப்பாடு $D - \beta Ad$ உடன்கூட V ஆகும். ஆனால், வெளிப்பாட்டில் மொத்தத் திரிபு மின்னழுத்தம் d அல்லது $d = D - \beta Ad$. இதிலிருந்து $d = \frac{D}{(1+\beta A)}$. இவ்வாறாக, கிளைச் சுரத் திரிபின் சதவீதம் அல்லது வெளிப்பாட்டிலுள்ள இரைச்சல் $(1+\beta A) : 1$ எனும் விகிதத்தில் குறைக்கப்படுகிறது. எதிர்ப் பின்னூட்டமானது தலைகீழ் அல்லது தாழ்நிலைக்கேகும் பின் னூட்டம் (degenerative feedback) எனப்படும். இதனால் செவி யுறு அலைவெண் பெருக்கியிலுள்ள திரிபினைக் குறைக்கலாம். பெருக்கியின் அலைவெண் எதிரளிப்பைப் பெரிதும் மேம்படச் செய்யலாம். இவ்வாறு பண்பினை மேம்படச் செய்தால் பெருக்கி யின் ஈட்டம் (gain) குறைகிறது. ஆனால், தற்காலத்திய உயர் பெருக்கக் குழாய்களைக்கொண்டு விரும்பும் ஈட்டம் முழுவதை யும் எளிதில் பெறலாம்.

மாறாக, பின்னூட்டுவிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்திற்குத் துணைசெய்தால் (βA நேர்க்குறியுடையது) எல்லாவற்றையும் உள்ளடக்கிய பெருக்கம் $\frac{A}{1 - \beta A}$. βA ஆனது ஒன்றைவிடக் குறைவாக இருந்தால் எல்லாவற்றையும் உள் ளடக்கிய பெருக்கம் அதிகரிக்கின்றது. ஆனால், A-ன் மதிப்பை மேலும் அதிகமாகச் சார்ந்திருக்கும். காட்டாக, $\beta = 0{\cdot}001$ ஆக இருக்கும்போது $A = 100$ ஆனால் எல்லாவற்றையும் உள் ளடக்கிய ஈட்டம் $\frac{100}{(1 - 0{\cdot}1)} = 111$; $A = 800$ ஆனால், எல்லா

வற்றையும் உள்ளடக்கிய ஈட்டம் $\frac{800}{(1-0\cdot8)} = 4000$. இவ்வாறாக A-ன் மாறுதல்கள் மிகைப்படுத்தப் பெறுகின்றன. பெருக்கி அவ்வளவாக நிலைத்த தன்மையுடனிருப்பதில்லை; அலைவெண் எதிரளிப்பிலுள்ள எந்த ஒரு வேறுபாடும் மிகைப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த நேர்பின்னூட்டமானது மேம்படுத்தும் பின்னூட்டம் (regenerative feedback) எனப்படும். (குறுகிய அலைவரிசை ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கியில் வேண்டப்படுவதுபோல்) பொறுக்கு திறன் மிக்க பெருக்குதல் வேண்டப்படும்போது இது பயன்படுத்தப்படுகிறது.

நேர்பின்னூட்டம் βA ஆனது ஒன்றுக்குச் சமமாக்கப்பட்டால் எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பெருக்கம் வரம்பிலியாகும். அப்போது எதேச்சையாக உள்ளிடப்படும் எந்த ஓர் உள்ளிடு சைகையும் பெருக்கப்பட்டு ஒரு பெரிய வெளிப்பாட்டுச் சைகை கிடைக்கும். நடைமுறையில் βA நேர்க்குறியுடையதாக இருக்கவேண்டுமென்னும் நிலைமை சாதாரணமாக ஒரே ஓர் அலைவெண்ணில் தான் முடியும்; பெருக்கி இந்த அலைவெண்ணில் அலைவுறும். சாதாரணமாக βA ஐ ஒன்றைத் தாண்டுமாறு செய்யமுடியாது. ஏனெனில், ஒரு சிறு உள்ளிடும் மின்னழுத்தம் e வோல்ட்டுகள் Ae வோல்ட்டுகள் வெளிப்பாட்டையும் e வோல்ட்டுகளுக்கு அதிகமான பின்னூட்ட மின்னழுத்தத்தையும் கொடுக்கும்; இந்தப் பின்னூட்டம் உள்ளீட்டினைப் பெருக்கும்; அதனால் வெளிப்பாடு பெருகும்; இவ்வாறு தொடர்ந்து நிகழும். இவ்வாறாக, மேம்படுத்தும் பின்னூட்டத்தைக் கையாள வெளிப்பாட்டிலிருந்து பின்னூட்டுவிக்கப்படும் சைகையின் விளைவாக உள்ளீட்டில் மேலும் அதிகமான சைகை பின்னூட்டுவிக்கப்பட வழி ஏற்படுகிறது; சைகையின் வலு மேலும்மேலும் அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று பெருக்கி அலைவுறும் நிலையை அல்லது இசைக்கும் (singing) நிலையை அடையும். சுய அலைவுகள் ஏற்படும் இந்நிகழ்ச்சியானது குறிப்பாக மூன்று நிலைகளையுடைய பெருக்கிகளிலும் உயர்ந்த ஈட்டமுடைய இரண்டு நிலை பெருக்கிகளிலும் மிகுந்த தொல்லை கொடுக்கும். இந்த இடர்ப்பாட்டினை வெற்றி கொள்ளும் வழிகள் எதிர்வினைப் பெருக்கிகளைப்பற்றிய பிந்திய பகுதி ஒன்றில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

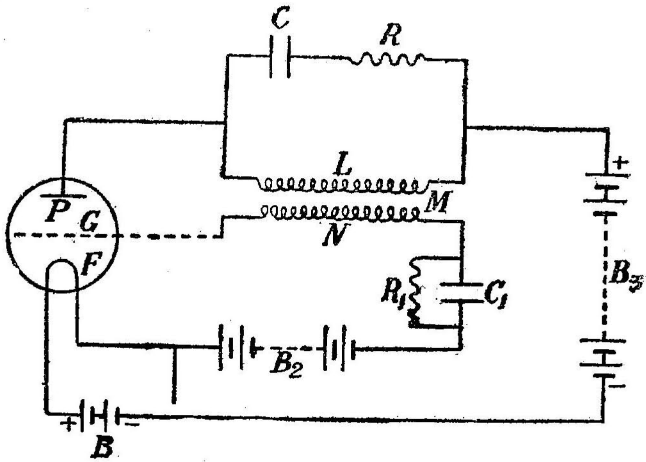
நேர் பின்னூட்டமானது இரைச்சல் அல்லது கிளைச்சுரத் திரிபினையும் அதிகரிக்கின்றது. எதிர்ப் பின்னூட்டத்தில் கொடுக்கப்பட்ட அதே மாதிரி விவாதத்தினால் இங்கும் இத் திரிபின் விகிதம் $(1 - \beta A) : 1$ எனும் விகிதத்திலிருக்குமெனக் காட்டலாம்.

மும்முனைக் குழாய் அலைப்பான்: தற்காலத்திய ரேடியோ வேலைகளில் ஊர்தி அலைகளாகப் பயன்படும் உயர் அலைவெண் மின்காந்த அலைகளின்மீது தாழ் அலைவெண் சைகை அல்லது பேச்சினை ஏற்றி இதனால் விளையும் 'பண்பேற்றிய' அலைகளை வெளியின் வழியாகப் பரப்பித் தொலைவிலுள்ள நிலையங்கள் ஏற்கச் செய்யப்படுகின்றன. இதற்காகத் தொடர்ச்சியான, தேய்வுறுத உயர் அலைவெண் மின்காந்த அலைகளை வழங்கும் ஓர் ஊற்றுவாய் இன்றியமையாததாகிறது. இந்தத் தொடர்ச்சியான, தேய்வுறுத உயர் அலைவெண் அலைகள் கலக்கிப் பிரிக்கும் வகையைச் சார்ந்த ஏற்பிகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இதில் உள்வரும் ரேடியோ அலைவெண் சைகை உள்தலத்திலேயே உண்டாக்கப் படும் சற்று உயர்ந்த அலைவெண்ணுடைய அலைவுகளுடன் கலக்கப் படுகிறது. இந்தத் தேய்வுறுத, தொடர்ச்சியான உயர்அலைவெண் அலைகளைப் பயனுறு திறனுடன் உண்டாக்கும் ஒன்றாக மும்முனைக் குழாய் செயல்படுகிறது.

அலைப்பானின் அடிப்படைத் தத்துவத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்:

ஒரு பெருக்கியின் புறவாய் முனைகட்கும் அகவாய் முனைகட்கு மிடையேயுள்ள ஈட்டம் μ ஆக இருக்கும்போது அதன் வெளிப் பாட்டிலிருந்து β பகுதியை உள்ளீட்டிற்குப் பின்னூட்டுவித்தால் இதனால் விளையும் பெருக்கியின் ஈட்டம் $\mu/(1-\beta\mu)$. $\beta\mu$ ஆனது 1 ஆக ஆனால் பெருக்கியானது புற உள்ளீடு ஏதுமில்லா மலேயே ஒரு வெளிப்பாட்டினை நிலைநிறுத்தும் ஆற்றலைப் பெறு கிறது. அ-து., பெருக்கி ஓர் அலைப்பானாகிறது. மும்முனைக் குழாயை அலைப்பானாகப் பயன்படுத்துவதிலுள்ள பொதுவான தத்துவம் எதிர்வினை-பிணைப்பு (reaction-coupling) என்று சொல் லப்படும் ஒன்றே. அ-து., இடைவாய்ச் சுற்றுக்கும், தகட்டுச் சுற்றுக்குமிடையே ஏற்ற ஒரு பிணைப்பினை ஏற்படுத்துதல். அத்த கைய ஒரு பிணைப்பினைப் பல்வேறு வழிகளில் ஏற்படுத்தலாம்: நேர் அல்லது ஒன்றுக்கொன்றான தூண்டுதல்வகை அல்லது மின்னேற்பி வகை. ஊசலி பொருத்திய கடிகாரத்தின் விடுவிக்கும் சக்கரம் (escape wheel), நீராவி எந்திரத்தின் நழுவி நகரும் ஒருவழி அடைப்பு (slide value) போன்றவை எதிர்வினைப் பிணைப்புக்கான சில எந்திரவகை எடுத்துக்காட்டுகளாகும். இவற்றிலெல்லாம் ஒரு சீரான செயல்முறை சரியான அலைவெண்ணிலும், அதிர்வு நிலையிலும் குறுக்கே குறுக்கே தடை செய்யப்படுகிறது; அப்போது கட்டுப்படுத்தும் எந்திர நுணுக்கப் பகுதியின் ஆற்றல் இழப்புகள் சீரான செயல்முறையின் ஆற்றலிலிருந்தே சரிக்கட்டப்படுகின்றன.

மும்முனைக் குழாய் ஒன்று அலைவுகளை உண்டாக்கும் ஒன்றாகச் செயல்படும் அமைப்பின் சுற்று விவரங்கள் படம் 57-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. B_1 என்பது இழையைச் சூடாக்கும் மின்னோட்டத்தை அளிக்கும் தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்கு. B_2 என்பது



படம் 57. மும்முனைக் குழாய் அலைப்பான் சுற்று விளக்கப்படம்

தேவையான இடைவாய் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கும் மின்கல அடுக்கு. B_3 என்பது தகட்டுச் சுற்றின் உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கு. தகட்டுச் சுற்றில் தன்-மின்பொருண்மை L, மின்னேற்பு C மின்தடை R ஆகியவற்றாலான ஓர் அலைவு அமைப்பு உள்ளது. இடைவாய்ச் சுற்றில் எதிர்வினை தன்-மின்பொருண்மை N, மின்னேற்பி C_1, மின்தடை R_1 ஆகியவை உள்ளன. இருசுற்றுகளின் தன்-மின்பொருண்மைகள் L-ம் N-ம் ஒன்றுக்கொன்றான மின்பொருண்மை M ஐப் பெற்றிருக்குமாறு பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. தகட்டுச் சுற்றிலுள்ள அலைவுறும் LC பகுதியில் ஏதோ ஒரு வழியில் அலைவுகள் தூண்டப் பெற்றுள்ளதாகக் கொள்வோம். மேலும், இடைவாய்ச் சுற்றில் தன்-மின்பொருண்மை N ஏதுமில்லை யென்றும், அதனால் தகட்டுச் சுற்றுக்கும் இடைவாய்ச் சுற்றுக்குமிடையே பிணைப்பு ஏதுமில்லை யென்றும் ஒரு கண நேரத்திற்குப் புனைவாகக் கொள்வோம். அத்தகைய ஒரு நிலையில் தகட்டுச் சுற்றில் தொடக்கப்படும் அலைவுகள் விரைந்து தேய்வுறும். இந்த தேய்வுறு அலைவுகளின் அலைவெண் L,C,R ஆகியவற்றால் நிச்சயிக்கப்படுகிறது. இது, கீழ்க்கண்ட தொடர்பால் கொடுக்கப்படுகிறது.

$$n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

இந்த அளவுகளைத் தகுந்த முறையில் மாற்றுவதன் வாயிலாக இந்த அலைவெண்ணைக் கட்டுப்படுத்த முடியும். ஆனல், இடைவாய்ச் சுற்றில் ஒரு தன்-மின்பொருண்மை N இருந்து L,N ஆகிய இரு மின்பொருண்மைகளும் ஓர் ஒன்றுக்கொன்முன மின்பொருண்மையைப் பெற்றிருக்குமாறு பிணைக்கப்பட்டிருந்தால் தகட்டுச் சுற்றில்தூண்டப்பெற்ற அலைவுகள் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தை அதே அலைவெண்ணில் மாறுதல்களையடையும்படி தூண்டும். இடைவாய் மின்னழுத்தம் தகட்டு மின்னேட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துமாதலால், மின்னழுத்தங்கள் அதே அலைவெண்ணில் இடைவாய்ச் சுற்றில் உட்செலுத்தப்படும். எனவே, அலைவுறும் தகட்டுச் சுற்றின் இயல்பான அலைவெண்ணில் தகட்டு மின்னேட்டத்தில் மாறுதல்கள் ஏற்படும். எனவே, தகட்டுச் சுற்றுக்கு மின்னேட்டம் வழங்கப்படுவது அங்கே முன்னதாகவே இருக்கும் அலைவுகளுடன் நிகழ்வொருமையில் இருக்கும்; இரண்டினது ஒப்பீட்டு அதிர்வு நிலைகள் சாதகமான நிலையிலிருந்தால் அலைவுகள் மேலும் மேலும் அதிகமான வீச்சினை அடைந்துகொண்டே சென்று ஓர் எல்லையினை அடையும். அமைப்பில் தவிர்க்கமுடியாது ஏற்படுகின்ற ஆற்றல் இழப்புகளால் இந்த எல்லை ஏற்படுகிறது. மேலும், அலைவுறும் சுற்றில் ஆற்றல் இழக்கப்படும் வீதம் உயர் அழுத்த மின்கல அடுக்கிலிருந்து ஆற்றல் வழங்கப்படும் வீதத்திற்குச் சமமாக இருந்தால் தொடர்ச்சியான தேய்வுருத அலைவுகளை நிலைநாட்டமுடியும். இடைவாய் தன்னிடத்திலிருந்தே அலைவுறும் சுற்றுக்குத் தேவையான ஆற்றலை வழங்குவதில்லை; இது உயர் அழுத்த மின்கல அடுக்கிலிருந்து எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. அதோடன்றி இடைவாயானது தன்னிடத்தே ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்புகளைச் சரிக்கட்டுவதற்குத் தகட்டுச் சுற்றிலிருந்தே திறனை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டியுள்ளது; இதனைச் செய்வதற்குப் பிணைப்பு போதுமான அளவு இறுக்கமாக இருக்கவேண்டும். இந்த நிலைகளை அடைந்துவிட்டால், நேர்மின்வாய் மின்னேட்டத்தைச் சரியான நேரத்தில், அ-து., சரியான அதிர்வுநிலையில் இடைவாய் கட்டுப்படுத்த, அலைவுறும் சுற்று அலைவுகள் தேய்வுருமல் நிலைநாட்ட முடிகிறது. நம் முக்கியமான நோக்கம் முடிந்த அளவு குறைந்த திறனைச் செலவிட்டு அலைவுறும் சுற்றில் இயன்ற அளவு உயர்ந்த மின்னேட்டத்தை நிலைநிறுத்தலே. எந்த ஒரு சுற்றிலும் புறமின் தடுப்பு உள்மின் தடுப்பிற்குச் சமமாக இருக்கும்போதே பெருமத் திறன் கிடைப்பதால், மிகவும் உகந்த நிலைகளைப் பெறுவதற்கு அலைவுறும் சுற்றின் மின்தடுப்பாகிய $\frac{L}{CR}$, மின்குழாயின் உள்தடைக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும். வழக்கமாகப் புறமின் தடுப்பு மிகமிக அதிகமாக இருக்கும்; ஆனல், சுற்றின் ஒரு பகுதி

யின் குறுக்கே வடித்தெடுப்பதால் (tapping) தகட்டுச் சுற்றிலுள்ள பயன்விளை மின்தடுப்பினை விரும்பிய அளவிற்குக் குறைக்கலாம். மின் தடுப்பானது வடித்தெடுக்கும் நிலைக்கு நேர்விகிதத்தி லிருக்கும். இவ்வாறு வடித்தெடுக்கும் நிலை (tapping point) நேர் மின்வாய் வடித்தெடுப்பு (anode tap) எனச் சாதாரணமாக வழங்கப்படும்.

இடைவாய்ச் சுற்றிலுள்ள மின்னேற்பி C_1, மின்தடை R_1 ஆகிய வற்றின் முதன்மையான வேலை என்னவெனில், இடைவாய் மின் னழுத்தத்தைத் தானகவே சரிசெய்துகொள்ளச் செய்வது. இது மின்குழாய் அலை ஆக்கியின் பயனுறுதிறனை உயர்த்துகிறது. மின் குழாய்த் தொடர்ச்சியான அலைவுகளை உண்டாக்கிக் கொண்டிருக் கும்போது இடைவாயின் அலைவுறும் மின்னழுத்தம் வேலை செய்யும் நிலைத்த மதிப்பின் (புறத்திலிருந்து நாம் கொடுக்கும் இடைவாய்-மின்னழுத்தம்) இருபக்கத்திலும் பெருமளவில் மாறுகிறது ; அது இழையைப் பொறுத்தமட்டில் நேர் மின்னழுத்தமுடையதாக இருந்தால் இடைவாய் மின்னோட்டம் பாய்கிறது ; ஆனல், அது எதிர்மின்னழுத்தமாகும்போது இடைவாய் மின்னோட்டம் ஏது மில்லை. இதன் விளைவாக மின்னேற்பி C_1 துடிக்கும் எதிர்மின் னேற்றங்களைப் பெறுகிறது. ஆனல், ஓர் உயர்ந்த இடைவாய்-கசிவு மின்தடையைப் பயன்படுத்தினல் இந்த எதிர்மின்னேற்றம் கசிந்து அப்பால் சென்றுவிடுகிறது. இதனல், இடைவாய் மின் னழுத்தத்தின் சராசரி மதிப்பு அது வேலை செய்யும் நிலையிலேயே நிலைநிறுத்தப்படுகிறது. அலைவுகள் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு திற னுடன் இருக்கின்றனவோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு இடைவாயின் எதிர்மின்னழுத்தமும் அதிகம் ; கசிவினைத் தகுந்தவகையில் திட்ட மிட்டமைப்பதன் வாயிலாக இடைவாய் நாம் விரும்பும் மின் னழுத்தத்தில் இருக்குமாறு தானே சரிசெய்துகொள்ள முடிகிறது. இவ்வாறுக C_1, R_1 ஆகியவற்றின் மதிப்புகள் மிகவும் முக்கிய மானவையாகின்றன. இவற்றின் சேர்க்கையினது கால எண் C_1,R_1 மிகப்பெரிதாக இருந்தால் இடைவாயில் மிக அதிகமான அளவு எதிர்மின்னழுத்தம் உண்டாகி மின்குழாயிலிருந்து அலை வுறும் சுற்றுக்கு மாற்றிக் கொடுக்கப்படும் திறனின் அளவு அலைவு களை நிலைநிறுத்துவதற்குப் போதாதாகின்றது. அலைவுகள் நின்று விட்டால் மேற்கொண்டு இடைவாய் மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. மின்னேற்பியானது மீண்டும் அலைவுகள் தோன்றக்கூடிய அளவிற்கு இடைவாய் மின்னழுத்தம் வருகின்ற வரையில் கசிவு வழியாக மின்னிழக்கிறது. இந்த நிலைகளில் அலைவுகள் தொடர்ச்சியாகத் தொடங்கவும் தடைப்படவும் செய்யும். இந் நிகழ்ச்சி ஸ்கௌ ஜிங் (squegging) அல்லது இடைவாய் டிக் (grid tick) எனப்படும்.

தொடர்ச்சியான, தேய்வுறாத அலைவுகள் தேவைப்படும்போது இது தவிர்க்கப்பட வேண்டுமென்பது வெளிப்படை. இதற்குப் பரிகாரம் C_1 R_1-ன் மதிப்பைக் குறைப்பதே. இதற்கு R_1 ஐக் குறைப்பதே சிறந்தது. ஏனெனில், தகட்டு-மின்னோட்ட அலை உருவத்தில் கிளைச்சுரங்களின் பகுதியைத் தேவையற்ற அளவில் அதிகப்படுத்துகின்ற இடைவாய் எதிர்மின்னழுத்தத்தின் முனைப்பான ஏற்ற இறக்கங்களை அகற்றுவதற்குப் போதுமான அளவு C_1 பெரிதாக இருக்கவேண்டும்.

தானே அலைவுறும் மின்குழாய் அலையாக்கிகள் : தகட்டுச் சுற்றில் ஏதேனும் ஒருவகையில் அலைவுகளைத் தொடக்கிவிட்டால் எதிர்வினைப் பிணைப்பு வாயிலாக அவை தேய்வுறாமல் நிலைநிறுத்த முடியும் எனப் புனைவாகக் கொண்டோம். எனினும், மின்குழாய் அலையாக்கிகளைத் தானே அலைவுறுவனவாக ஆக்க முடியும். இதற்கான நிபந்தனை என்னவெனில், தகட்டு மின்னழுத்தமும் இடைவாய்க்கு உட்செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தமும் ஒன்றுக்கொன்று 180° அதிர்வுநிலையில் வேறுபட்டிருக்கவேண்டும். தகட்டுச் சுற்றுக்கு ஒருதிசை மின்னழுத்தத்தையே கொடுத்தாலும் நடைமுறையில் மின்னேற்பி C-யிலுள்ள மின்னோட்டம் மின்பொருண்மை L-ல் உள்ளதைவிடச் சற்று அதிகமாக இருப்பதனால் தகட்டுச் சுற்றில் சீரான மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. இவ்வுண்மையைப் பயன்படுத்தி இந்த அதிர்வுநிலை வேறுபாட்டினை எளிதில் பெறலாம். தன்-அலைவுகள் உண்டாவதற்கான நிபந்தனைகளைப் பெறுவதற்குப் பல்வேறு சுற்றுகளை அமைக்கக் கூடும். மேலே விவரித்த எளிய அமைப்பு ஒரு ஒன்றுக்கொன்றான தூண்டுதலுடைய அலைப்பான் (mutual inductive oscillator). இடைவாய்ச் சுற்றில் தனியான தொடுமின்பொருண்மைச் சுருளைப் பயன்படுத்துவதற்குப் பதிலாக இசைவித்த சுற்றின் மின்பொருண்மை L-க்குக் குறுக்கே வளரும் இருதிசை மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பகுதியை வடித்தெடுத்து இடைவாய்க்குப் பின்னூட்டுவிக்கலாம். அப்போது இச் சுற்று நேர்தூண்டுதலுடைய ஹார்ட்லி அலைப்பான் (direct inductive Hartley oscillator) எனப்படும். நேரடியான மின்னேற்பிச் சுற்றுகளும் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை கால்பிட்டின் அலைப்பான்கள் (Colpitt's oscillators) எனப்படும்.

மின்குழாய் அலையாக்கிகளில் திறன் : தானே அலைவுறும் நிலைகளில், அலைவுறும் திறன் சுற்று அலைவுறு நிலையில் இருக்கும்போது உயர்அழுத்த மின்கல அடுக்கினால் அளிக்கப்படும் தகட்டு மின்னழுத்தம், சராசரி தகட்டு மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத்

தொகையான உள்ளிடும் திறனிலிருந்தே பெறப்படுகின்றது. ஆகையால், வழங்கப்படும் ஒருதிசை மின்னழுத்தம் எவ்வளவுக் கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அலை வுறும் திறனும் அதிகமாக இருக்கும். எனவே, தற்காலத்திய பரப்பி மின்குழாய்களின் நேர்மின்வாய்களுக்குப் பல்லாயிரக் கணக்கான வோல்ட்டுகள் கொடுக்கப்படுகின்றன. அலைவுறும் திறன் வழக்கமாக $W = \frac{1}{8} \mu K V_g^2$ (வழக்கமாக மில்லிவாட் களில் கொடுக்கப்படும்) எனும் தொடர்பால் கொடுக்கப்படு கிறது. உள்தடை R_i புறமின் தடைக்குச் சமமாக இருந்தால் $W \propto \mu \cdot K$; எனவே, பெருக்கற்பலன் எண், ஒன்றுக்கொன்றுன கடத்துகை ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகைக்கு மிகுந்த முக் கியத்துவம் கொடுக்கப்படுகிறது. இப் பெருக்குத்தொகை மின் குழாயின் 'பண்பு' எனப்படும். மின்குழாய் அலைப்பான்களை அவை தற்சிறப்புக் கோட்டின் எந்தப் பகுதிகளில் வேலை செய் கின்றன என்பதைப் பொறுத்து மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்:

A வகை : மின்குழாய் வளைகோட்டின் நேர்கோட்டுப் பகுதி யில் வேலை செய்கிறது ; அலைவுறும் திறனை மாற்றுகின்ற பயனுறு திறனது (அ து., அலைவுறும் வெளிப்பாட்டுத் திறன்/உள்ளிடும் ஒருதிசை மின்னோட்டத் திறன்) 50% எனக் காணப்படுகிறது ; ஆனால், நடைமுறையில் இதைவிட மிகக் குறைவு.

B வகை : கீழ்வளைவில் குழாய் வேலை செய்கிறது. பயனுறு திறன் தோராயமாக 75%.

C வகை : வேலை செய்யும் நிலை கீழ்வளைவிற்கு அப்பால் உள்ளது. பயனுறுதிறன் 85% எனுமளவு உயர்ந்துள்ளது.

A வகையில் தகட்டு மின்னோட்டம் கிட்டத்தட்ட கிடக்கை அலை வடிவில் உள்ளது. ஆனால், B வகையிலும் C வகையிலும் கிளைச்சுரங்கள் உள்ளன. எனவே, தகட்டு மின்னோட்டம் கிடக்கை அலை வடிவில் இராது. தகுந்த முன்னெச்சரிக்கைகளை மேற் கொள்ளாவிடில் இந்தக் கிளைச்சுரங்கள் வேண்டாத அலைவெண் களில் ஆற்றலைக் கதிர்வீசச் செய்யலாம். எனினும், அலைவெண் பன்மடங்காக்கிகளில் உள்ளதுபோல் அதற்கெனப் பயனும் உள்ளது. இதனைப் பின்னர்ப் பார்ப்போம்.

பல மின்குழாய் அலையாக்கிகள் : மின்காந்த ஆற்றலைக் கணிச மான தொலைவுகட்கு அனுப்புவதற்காகத் திட்டமிட்டுச் செய்யப் படும் மின்குழாய்கள் உயர்ந்த அலைவுறும் திறனைப் பெற்றிருக்க

வேண்டும். பல மின்குழாய்களைப் பயன்படுத்தி இதனைப் பெறலாம். இக் குழாய்கள் தொடர்நிலையில் அமைக்கப்படலாம். இதில், ஒரு மின்குழாய்க்குத் தேவையானதைவிட அதிகமான உயர்மின்னழுத்த ஊற்றுவாய்களைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளதால் இது பயன்படுத்தப் பெறுவதே யில்லை. இணைநிலையாகப் பயன்படுத்தினால் நேர்மின்வாய்கள் இணைநிலையாக இணைக்கப்பட்டு ஒவ்வொன்றிற்கும் அதே உயர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது; இடைவாயைத் தூண்டும் மின்பொருண்மைக்கு இணைநிலையில் இடைவாய்கள் இணைக்கப்படுகின்றன. மிகப் பல குழாய்களை இணைநிலையில் சேர்த்தால் ஒட்டுண்ணி அலைவுகள் (parasitic oscillations) தோன்றும்; இவை முதன்மை அலைவுறு சுற்றின் ஆற்றலைச் சுரண்டும். ஆதலால், இணைநிலையில் எத்தனை மின்குழாய்களைப் பயன்படுத்தலாம் என்பதற்கு ஒரு வரம்புள்ளது. மின்குழாய்களைத் தள்ளு-இழு அமைப்பிலும் சேர்க்கலாம். இதில் அலைவுறும் சுற்றானது இரு மின்குழாய்களின் தகடுகட்கும் இடையே இணைக்கப்படுகிறது; அலைவுறும் சுற்றானது மின்பொருண்மை L-ன் மையம் இரு இழைகட்கும் பொதுவாக உள்ளது. மேலும், ஒவ்வொரு குழாயின் தகட்டுக்கும் இடைவாய்க்கும் மின்பொருண்மையிலிருந்து வடித்தெடுக்கும் இடங்கள் இழைகட்கு வடித்தெடுக்கும் பொதுவான புள்ளிக்கு இருபக்கத்திலும் இருக்கவேண்டும். இத்தகைய ஓர் அமைப்பில் மின்வாய்களிடையேயுள்ள மின்னேற்புத் திறன்கள் இணைநிலை அமைப்பில் இருமடங்காக்கப்படுவது போலல்லாமல் பாதியாக்கப்படுகின்றன. எனவே, இந்த மின்னேற்புத் திறன்களில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் தள்ளு-இழு அமைப்பில் அலை வெண்ணில் மிகக் குறைவான மாறுதல்களையே ஏற்படுத்துகின்றன. இம் முறையில் உயர்கிளைச் சுரங்கள், அதிலும் குறிப்பாகத் திரிபிற்கு முதன்மையான காரணமான இரட்டைக் கிளைச்சுரங்கள் இல்லாமலிருப்பது இதன் பெரும் நன்மையாகும் (பக்கம் 213) பார்க்கவும்).

ஒரு குறிப்பிட்ட சுற்றினையும் ஆக்கக் கூறான மின்குழாய்களையும் பொறுத்தமட்டில் அலைவுகளை நிலைநிறுத்துவதற்கான நிபந்தனை என்னவெனில் மின்குழாயின் ஒன்றுக்கொன்றான கடத்துகைச் சுற்றின் இழப்புகளையும் உள்ளிட்ட மற்ற அளபுருகளின் (parameters) உறுப்புகளில் ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். சிறிய வீச்சினையுடைய அலைவுகள் எதேச்சையான சில ஏற்ற இறக்கங்களால் இசைவித்த சுற்றில் தொடங்குகின்றன. ஆரம்பத்தில் சுற்றின் இழப்புகள் சிறிதாகவும் K உயர்வாகவும் இருக்கின்றன. எனவே, வீச்சு உயர்ந்துகொண்டு செல்கிறது. அதே நேரத்தில் இடைவாய்க் கசிவுச் (C_1R_1) சேர்க்கை

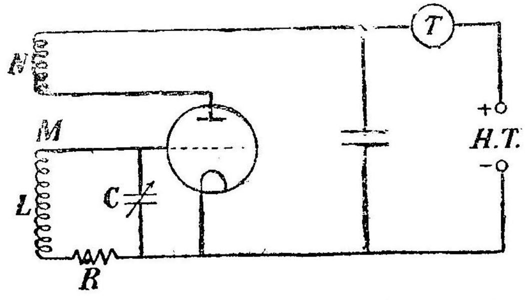
யினுல் உண்டாகும் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தினுல் K-ன் குறைந்த பகுதிகளுக்கு இடைவாய் பின்செல்கிறது; முன்னமே அங்கிருக்கும் வீச்சினை நிலைநிறுத்துவதற்குத் தேவையான K மதிப் பிற்கியைந்த இடைவாய் மின்னழுத்தம் உருவாகும் மதிப்பில் வீச்சு நிலைநின்றுவிடுகிறது. வீச்சினை அதிகரிக்க முற்படும் எந்தச் செயலும் இழப்புகளை அதிகரிக்கும், K ஐக் குறைக்கும். இதனுல் வீச்சு பழைய நிலையை அடையும். மேலே விளக்கியது போல் இந்த நிலைகளை அடைவதற்கு C_1, R_1 ஆகியவற்றின் மதிப்புகள், அதுவும் குறிப்பாக இதே சேர்க்கையானது, சாதாரண ஏற்பிகளில் உள்ளதுபோல் கணிசமான அலைவெண் எல்லையில் வேலை செய்யவேண்டியிருக்கும்போது தீர்வுகட்டமானவை. R_1 குறைக்கப்பட்டால் இசைவித்த சுற்றில் உயர்ந்த அளவில் தேய்வுறுதல் ஏற்படும், தாழ் அலைவெண் முனையில் அலைவுகளே தொடங்காது. R_1 மிக அதிகமானதாக்கப்பட்டால் உயர் அலை வெண் முனையில் விட்டுவிட்டு அலைவுகள் ஏற்படும்.

மின்குழாய்களால் தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவுகளின் அலை வெண் : *1 விஞடிக்கு 10^5 சுழற்சிகளுக்கு மேற்பட்ட அலைவெண் களையுடைய தேய்வுருத அலைவுகளை உண்டாக்குவதில் மின்குழாய் அலையாக்கிகள் ஈடிணையற்றவை. மின்னேற்புத்திறன் C, மின் பொருண்மை L ஆகியவற்றைத் தகுந்த முறையில் குறைத்து விஞ டிக்கு ஏறத்தாழ 10^9 சுழற்சிகளை அடையலாம். ரேடியோத் துறையில் விஞடிக்கு 3×10^7 சுழற்சிகள் அல்லது விஞடிக்கு 30,000 கிலோ சுழற்சிகட்கு மேற்பட்ட எல்லா அலைவெண்களும் மிக உயர்ந்த அலைவெண்கள் என்று பெயர்பெறுகின்றன. விஞடிக்கு 3×10^7 சுழற்சிகட்கும் 3×10^{10} சுழற்சிகளுக்கும் அல்லது விஞடிக்கு 30-க்கும் 30,000 மெகா சுழற்சிகட்கும் இடைப் பட்ட அலைவெண்கள் 'மீக் குற்றலைகள்' (ultra short waves) (10 மீட்டரிலிருந்து 1 செ.மீ.-க்குள் நீளங்கள் உடையவை) என வழக் கமாக வழங்கப்படுகின்றன. 300 மெகா சுழற்சி/விஞடிக்கு மேற்பட்டவை மைக்ரோ அலைகள் (1 மீட்டருக்கும் கீழுள்ளவை) எனப்படும். தகுந்த கவனத்துடன் திட்டமிட்டு அமைத்தால் சாதாரண மின்குழாய்ச் சுற்றுகளைக்கொண்டு ஏறத்தாழ 500 மெகா சுழற்சிகள்/விஞடி (60 செ.மீ.) வரையுள்ள மிக உயர்ந்த அலைவெண் அலைவுகளை உண்டாக்கமுடியும்.*

25 மெகா சுழற்சிகள்/விஞடிக்கு மேற்பட்ட அலைவெண்கள் தொலைதூரங்களுக்கு நம்பத்தகுந்த தொடர்புகொள்வதற்குப் பயனற்றவை என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும், ஏனெனில், இந்த எல்லைக்கு மேற்பட்டால் வான் அலைகள் பூமிக்குத் திரும்பி வரச்

கூடிய வகையில் அயன மண்டலத்தால் போதுமான அளவு திருப்ப மடைவதில்லை. இவ் வியலாமை நிலையில் இருந்தாலும்கூட இதற்குப் பல பயன்கள் உள்ளன. காட்டாக, குறுகியதூரத் தொடர்பு (short range communication). இதில் 60-லிருந்து 300 மெகா சுழற்சி/வினடி வரையுள்ள அலைவெண்களில் திருப்திகர மாக வேலை செய்யும் ஆற்றல் வாய்ந்த ஆர். சி. ஏ. (R.C.A.) யால் உற்பத்தி செய்யப்படும் அகார்ன் (acorn) போன்ற ஏற்பி மின்குழாய்கள் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மற்றொரு எடுத்துக்காட்டு தொலைக்காட்சி. இதில் பக்க அலைவரிசை மிக அகன்றுள்ளதால் இது உயர்அலைவெண்களிலேயே வேலை செய்ய வேண்டும். ராடார் நுண்ணலை நிறமாலையில் (microwave spectroscopy) போன்ற ஒன்றுக்கொன்று நெருங்கிய தொடர்பு கொண்ட தொழில் நுணுக்கமுடைய இரண்டும் மீஉயர் அலை வெண்ணின் மிகவும் புதுமையான பயன்களாகும்.

எதிர்வினை பெருக்கிகள் : பெருக்கிகள், அதிலும் சிறப்பாக உயர்அலைவெண் வேலைகட்குப் பயன்படும் பெருக்கிகள் மின் குழாய் அலைப்பானிலுள்ளதுபோல் எதிர்வினைப் பிணைப்பின் தத்து வத்தில் திட்டமிட்டு அமைக்கப்படுகின்றன. உண்மையில் எதிர் வினை பெருக்கிகளும் அலைப்பான்களும் ஒரே தத்துவத்தில்தான் வேலை செய்கின்றன; இரண்டிற்குமுள்ள ஒரே வேறுபாடு பெருக் கியில் இடைவாய்ச் சுற்றில் அலைவுறும் சுற்று LC உள்ளது, அதே நேரத்தில் அலைப்பானில் இது நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலுள்ளது.



படம் 58. எதிர்வினை பெருக்கியின் சுற்றுவிளக்கப் படம்

எதிர்வினைச் சுருள் N ஆனது, நேர்மின்வாய்ச் சுற்றிலுள்ள ஓர் எதிர்வினை பெருக்கியின் எளிய சுற்றுப் படம் 58-ல் காட்டப்பட் டுள்ளது. அகவாய்ச் சுற்றினது தேய்வுறுதலைக் குறைத்தலும் அதனால் தொலைபேசியில் கேட்கப்படும் சைகைகளின் வலுவை அதிகரித்தலுமே எதிர்வினை பெருக்கியின் முதன்மையான வேலை

யாகும். அது கீழ்க்கண்ட தத்துவத்தில் வேலை செய்கிறது. உள்ளிடும் சைகை இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படும்போது அது அதே அலைவெண்ணில் அலைவுறும் தகட்டு மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்கிறது. இந்த மின்னோட்டம் கிளுகிளுப்பூட்டி (tickler) எனச் சாதாரணமாக வழங்கப்படும் எதிர்வினைச் சுருள் வழியாகவும் செல்ல வேண்டும். இந்தச் சுருள் L உடன் தகுந்த முறையில் பிணைக்கப்பட்டால் உள்ளிடும் சுருள் L-ல் ஒரு மின்னழுத்தத்தைத் தகுந்த திசையில் தூண்டும். தகுந்த திசையாவது, இவ்வாறு தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம் உள்ளிடும் சைகையோடு ஒரே அதிர்வுநிலையில் இருக்குமாறும் அதனால் உள்ளிடும் சைகையானது மின்னழுத்தத்தின் வீச்சினை அதிகரிக்கச் செய்யக்கூடிய வகையிலும் இம் மின்னழுத்தத்தின் திசை இருக்கவேண்டும். மேம்படுத்தும் பெருக்கம் (regenerative amplification) அல்லது பின்னூட்டப் பெருக்கம் (feedback amplification) எனப்படுவது இதுவே. வெளிப்படும் மின்னழுத்தத்தில் ஒரு பகுதி உள்ளீட்டிற்குச் சரியான அதிர்வுநிலையில் பின்னூட்டுவிக்கப்படுகிறது. இதனால், உள்ளீட்டின் வீச்சு அதிகரித்துக்கொண்டே செல்கின்றது. எதிர்வினையால் வழங்கப்படும் ஆற்றல் அமைப்பிலுள்ள தேய்வுறுதலால் இழக்கப்படும் ஆற்றலால் சமநிலைப்படுத்தப்படும் வரையில் இவ்வாறு உள்ளீட்டின் வீச்சு அதிகரிக்கும். எதிர்வினைச் சுருள் N ஆனது LC சுற்றின் மின்தடை குறைந்தால் என்ன விளைவு உண்டாகுமோ அதே விளைவை உண்டாக்குவதனால் — ஏனெனில், LC சுற்றின் மின்தடையைக் குறைத்தால் அதிலுள்ள மின்னோட்டமும் அதன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தமும் அதிகரிக்கும் — சரியான அதிர்வு நிலையிலும் அளவிலும் பின்னூட்டுவிக்கப்பட்டால் அது சுற்றில் ஒரு பயன்விளை எதிர்மின் தடையைச் சேர்க்கிறது எனச் சொல்லலாம். இவ்வாறாக, அகவாய்ச் சுற்றின் மின்தடையால் ஏற்படும் ஆற்றல் முழுவதையும் சரிக்கட்டப் போதுமான எதிர்மின் தடையை மின்குழாய் பின்னூட்டுவிக்கும்போது புறத்திலிருந்து கூடுதலான ஆற்றல் எதுவும் கொடுக்கப்படாமலேயே தொடர்ச்சியாக அலைவுகள் நிலைநிறுத்தப்படும்; அதாவது, மின்குழாயானது அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் ஓர் அலையாக்கியாகச் செயல்படும். எதிர்வினைச் சுருளின் பிணைப்பின் விளைவு LC சுற்றிலுள்ள பயன்விளை மின்தடையைக் குறைக்குமாறும் ஒரு குறிப்பிட்ட சைகை மின்னழுத்தத்திற்கு இடைவாய் மின்னழுத்தம் அலைவுறு மின்னோட்டம் ஆகியவற்றிற்கு உயர்ந்த வீச்சைக் கொடுக்குமாறும் எதிர்வினைச் சுருளின் பிணைப்பு LC சுற்றில் அலைவுகளை உண்டாக்குவதற்குத் தேவையானதைவிடக் குறைவாக இருக்கவேண்டும் எனக் கொள்கை ஆராய்வுகள் காட்டுகின்றன. பிணைப்பு மிக அதிகமாக்கப்பட்டால் உள்வரும் சைகைகள்

எப்படியிருந்தாலும் அவற்றைச் சாராமல் தொடர்ச்சியான அலைவுகள் உண்டாகும். இதனல் திரிபு உண்டாகும். கொள்கை அளவில் பார்த்தால் LC சுற்றின் தேய்வுறுதலைச் சுழிக்குக் குறைக்க முடியும்; இதனுல் அலைவுகளின் வீச்சை வரம்பிலிக்கு உயர்த்த முடியும். நடைமுறையில் பெருக்கியானது தன்-அலைவுகளை உண்டாக்கும் எல்லைக் கோட்டிற்கு மிகவும் நெருங்கியிருக்காத வகையில் நிலைத்த தன்மைக்காக ஓர் எல்லை விடவேண்டும். ஆர்ம்ஸ்ட்ராங் (Armstrong) ஒரு மீமேம்படுத்தும் சுற்று ஒன்றினை அமைத்தார். அதன் வாயிலாக ஒற்றை மின்குழாயைக்கொண்டு 50,000-க்கும் மேற்பட்ட திறன்பெருக்கத்தைப் பெற முடியும். இதில் மேற்கொள்ளப்பட்ட தத்துவம் என்னவெனில், இயல்பான அலைவுகள் உண்மையில் உண்டாகக்கூடிய அளவிற்கு எதிர்வினையினை அதிகரித்தலேயாகும். எனினும், இந்த அலைவுகள் தகுந்த சில வழிகளால் அவ்வப்போது தணிக்கப்படுகின்றன. எதிர்வினையினைப் பயன்படுத்துவதால் பயன்வினை தேய்வுறுதலைக் குறைத்து, ஏற்பியின் பொறுக்குதிறனை அதிகரிக்கச் செய்கிறது என்பதனையும் இலேசாகவே தேய்வுறுதல் உயர்ந்த பொறுக் திறனைக் கொடுக்கிறது என்பதனையும் கவனிக்கவேண்டும்.

பெருக்கிகளில் தன்-அலைவுகள் பற்றிய குறிப்பு : நாம் மேலே பார்த்ததுபோலக் கட்டுப்பாட்டுக்குள் வைத்துக்கொள்ளக்கூடிய எதிர்வினை, உள்வரும் சைகைகளின் வலுவை அதிகரிப்பதற்குப் பெரிதும் பயன்படுகிறது. ஆனல், கம்பியில்லாத் துறை நுணுக்கங்களில் ஏற்படும் பல தொல்லைகளுக்குக் காரணம் நாம் எண்ணிச் செயல்படுத்தாமலேயே தோன்றும் எதிர்வினைகளே ; இவற்றைச் சில நேரங்களில் கட்டுப்படுத்த முடியாது. இது குறிப்பாக உயர்அலைவெண்களிலும் பல் மின்குழாய்ப் பெருக்கிகளிலும் தொல்லை தரும். தடுத்தொதுக்கப்படாத மின்பொருண்மைகள், இணைப்புக் கால்களுக்கிடையே எதிர்பாராது தோன்றும். நெறியற்ற மின்னேற்புத் திறன்கள், இவற்றிலும் நிலைத்த தன்மையுடைய இடைவாய் நேர்மின்வாய் ஆகியவற்றினிடையேயுள்ள மின்னேற்புத்திறன், மின்தடைப் பிணைப்புகள் போன்ற பெருக்கிகளிலுள்ள உள்ளார்ந்த எதிர்வினை தன்-அலைவுகளைத் தொடக்க முயலும்—இவை இங்கே வேண்டாதவை. எந்தவொரு மாதிரியிலும் இந்த வேண்டாத அலைவுகளின் பிரச்சினைதான் அம்மாதிரியில் கிடைக்கக்கூடிய பெருக்கத்திற்கு ஓர் எல்லை வகுக்கிறது. மேலும், மின்குழாய்களின் எண்ணிக்கையை அதிகரிக்க அதிகரிக்க இத் தொல்லையைத் தடுப்பதும் கடினமாகிறது.

பெருக்கிகள் தன்-அலைவுகளைக் கீழ்க்கண்ட வழிகளில் குறைக்கலாம் :

(i) **முன்னெச்சரிக்கை யெடுத்துக் கொள்ளுதல் :** காட்டாக, குட்டையான இணைப்புக் கால்களைப் பயன்படுத்துதல், ஒன்றையொன்று குறுக்கிடும்போது அவற்றை நேர்கோணத்தில் வைத்தல், பல்வேறு நிலைகளுக்கிடையே தரையிடப்பட்ட உலோகத் தடுப்புகளைப் (metal screens) பயன்படுத்துதல் போன்ற எளிய மின்னெச்சரிக்கைகள், சுற்றின் பல்வேறு பகுதிகளுக்குமிடையே மின்பொருண்மை, மின்னேற்பிப் பிணைப்புகள் ஏற்படாமல் தடுக்கின்றன.

(ii) **இளைவழி மின்னேற்பிகள் :** மின்தடைப் பிணைப்பு ஏற்படாமல் தடுக்க மின்கல அடுக்குகளுக்கும், மின்னழுத்த அளவிகளுக்கும் குறுக்கே கிளைவழி மின்னேற்பிகளை இணைத்தல்.

(iii) **எதிர்வினையைத் தவறான வழியில் கொடுத்தல் :** அதாவது, எதிர்வினைச் சுருள்கள் இணைப்பினை முன்பின்னாக மாற்றிக் கொடுத்தல். இதனால் அலைவுகள் உண்டாவதற்குத் துணை செய்வதற்குப் பதிலாக அவை தோன்றாமல் தடுக்கும்.

(iv) **ஈடுகட்டும் சுற்றுகள் (Neutrodyne circuit) :** மின்வாய்களிடையேயுள்ள மின்னேற்புத்திறன் காரணமாகப் பெருக்கியிலுள்ள உள்ளார்ந்த எதிர்வினை விளைவிற்குச் சமமானதும் எதிரானதுமான விளைவினை உண்டாக்குவதற்காக மின்னேற்பிகளால் இந்த ஈடுகட்டும் சுற்று ஆனது.

(v) **தள்ளு-இழு சுற்றுகள் :** இங்கே சரியான முறையில் ஒன்றற்கொன்று பொருத்தமாக உள்ள மின்குழாய்களால் பின்னூட்டம் பெரிதும் குறைக்கப்படுகிறது.

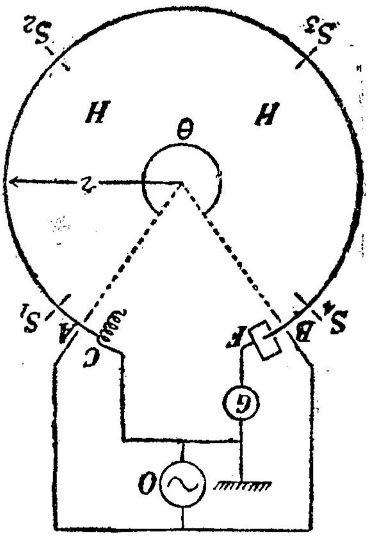
(vi) **ஒதுக்கும் இடைவாய் மின்குழாயை அல்லது நான்முனைக் குழாயைப் பயன்படுத்துதல் :** இக் குழாய் இடைவாய் நேர்மின்வாயிடையுள்ள மின்னேற்புத்திறனை ஒரு சிறுமமாகக் குறைக்கிறது (கீழே பார்க்கவும்).

மின்குழாய் அலைப்பானின் கவர்ச்சியான பயன்கள்

1. **உலோகங்களைக் கண்டுபிடிக்க மின்குழாய் அலைப்பான் :** மும்முனைக் குழாய் அலைப்பானை உலோகம் கண்டுபிடிப்பானாக, அ-து., அருகில் மறைந்துள்ள உலோகப் பொருள்களைக் கண்டுபிடிப்பானாகப் பயன்படுத்தக் கூடும். இச் சாதனம், அலைவெண்ணை மாற்றிக் கொள்ளத்தக்க வகையில் அமைத்த ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு தேடும்

சுருளை (search coil) (மின்பொருண்மை) உடையது. இந்த ரேடியோ அலைவெண் அலைப்பான் ஒரு கலக்கிக்கு (mixer) ஊட்டுவிக்கப்படுகிறது. மாருு அலைவெண்ணை உண்டாக்கும் மற்ருெரு ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கியிலிருந்து வரும் சைகை களும் இந்தக் கலக்கிக்கு ஊட்டுவிக்கப்படுகின்றன. இதன் விளை வாக இரு அலைப்பான்களின் அலைவெண்களின் வேறுபாட்டுச் சமமான துடிப்பு அலைவெண் (beat frequency) உண்டாகிறது. இந்தத் துடிப்பு சுரம் (beat note) பெருக்கப்பட்டு ஒரு தொலை பேசிக்கு அனுப்பப்படுகிறது. தேடும் சுருள் உலோகத்தில் அருகே கொண்டுவரப்படும்போது உலோகத்தில் உண்டாகின்ற சுழல் மின்னோட்டங்கள் (eddy current) எதிர்விளைப்பட்டு மின் பொருண்மையைக் குறைக்கின்றன. இவ்வாருக, தொலைபேசியில் கேட்கின்ற துடிப்பு சுரத்தின் அலைவெண்ணில் ஒரு மாற்றத்தை உண்டாக்குகின்றன. இம் முறையினுல் பூமியில் புதைந்து கிடக் கும் வெடிக்கக்கூடிய சுரங்கங்கள், பெட்டிகளில் மறைத்து வைக்கப்பட்டுள்ள கள்ளக்கடத்தல் தங்கம் போன்றவற்றை எளிதில் கண்டுபிடித்து விடலாம்.

2. மின்குழாய் அலைப்பானைக் கொண்டு e/m அளக்கும் டன்னிங்ட னுடைய (Dunnington's) சரிநுட்பமான முறை: இந்த முறையின் தத் துவம் படம் 59-ல் விளக்கிக் காட்டப்பட்டுள்ளது. சூடான இழை C-லிருந்து வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு மின் குழாய் அலைப்பான் O-ல் வழங் கப்படும் உயர்அலைவெண் மின் னழுத்தத்தால் முடுக்கப்பெற்று மின்வாய் A-லுள்ள ஒரு துளை வழியாகச் செல்கின்றன. பிறகு அவை உயர்ந்த அளவில் வெற்றிட மாக்கப்பட்ட ஓர் அறையில் S_1, S_2, S_3, S_4 ஆகிய நான்கு பிளவுகளாலும் எலெக்ட்ரான் களின் பாதைக்கு நேர்கோணத் தில் தொழிற்படும் மிக உயர்ந்த, ஒரே சீரான ஒரு காந்தப்புலம் H ஆலும் வரையறுக்கப்பட்ட வட்டமான பாதையில் செல்கின் றன. இவ்வாருக ஒரு மாருத வேகத்தைப் பெற்றிருக்குமாறு செய்யப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள்



படம் 59. $\frac{e}{m}$ டன்னிங்டனின் முறை

θ கோணம் கடந்த பிறகு மற்ருெரு மின்வாய் B-லுள்ள ஒரு துளைவழியாகச் சென்று ஒரு ஃபாரடே உருளை F-ல் சேகரிக்கப்

பட்டு ஒரு மின்னோட்டங்காட்டி Gஆல் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. A-ம் B-ம் ஒரே உயர்அலைவெண் தோற்றுவாய்க்கே இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் B-ன் மின்னழுத்தம் A-ன் மின்னழுத்தம் மாறும் அதே அலைவெண்ணிலேயே மாறுகிறது. காந்தப்புலத்தை ஏற்ற வொரு முறையில் சரிசெய்து எலெக்ட்ரான்கள் B ஐ நெருங்கும் போது வேகக்குறைவு அடையக்கூடிய அதிர்வுநிலையில் B-ன் மின்னழுத்தம் இருக்குமாறு செய்யக்கூடும். எலெக்ட்ரான்கள் இவ்வாறு வேகக்குறைவு அடைந்தால் ஃபாரடே உருளையை அடையாது. இதற்குக் காந்தப்புலம் எவ்வளவு இருக்கவேண்டு மென்பது கீழ்க்கண்டவாறு கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. காந்தப் புலத்தைப் படிப்படியாக மாற்றி, புலத்தின் பல்வேறு மதிப்புகட்கும் மின்னோட்டம் காட்டியின் ஒதுக்கங்கள் குறிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறாகக் கிடைத்த விவரங்களைக்கொண்டு ஒரு வரைபடம் வரைய அது மின்னோட்டம் காட்டியின் ஒதுக்கத்திற்குக் கூரிய ஒரு சிறுமத்தினைக் காட்டுகிறது. இச் சிறுமத்திற்கியைந்த புலத்தின் மதிப்பினை உடனடியாகக் கண்டுகொள்ளலாம்.

இத்தகைய சிறும ஒதுக்க நிலையில், காந்தப்புலத்தின் வலு 1+ எனவும் பிளவுகளால் வரையறுக்கப்பட்ட r ஆரமுடைய வட்டப் பாதையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் நேர்வேகம் v எனவும் கொள்.

எலெக்ட்ரான்களின் வட்ட இயக்கம்

$$\mathrm{H}ev = \frac{mv^2}{r} \text{ அல்லது } v = \frac{\mathrm{H}er}{m} \qquad \ldots \quad (1)$$

எனும் தொடர்பிற்குக் கட்டுப்பட்டுள்ளது.

எலெக்ட்ரான்கள் θ கோணம் சுழல்வதற்கான நேரம், அ-து., $r\theta$ தூரம் செல்ல ஆன நேரத்தைக் கணக்கிலெடுத்துக்கொண்டு B-ன் மின்னழுத்தும் A-யினுடையதற்குச் சமமாகவும் ஆனால், எதிர் அதிர்வுநிலையில் இருக்கிறதென்பதனை நினைவில்கொண்டு பார்க்க,

$$v = \frac{r\theta}{\mathrm{T}/2} = \frac{r\theta}{1/2\nu} = 2\nu r\theta \qquad \ldots \quad (2)$$

இங்கே T என்பது அலைப்பானின் அலைவுநேரம், ν என்பது மின்னழுத்தத்தின் உயர்அலைவெண்.

(1), (2) ஆகியவற்றிலிருந்து

$\frac{\mathrm{H}er}{m} = 2\nu r\theta$ எனப் பெறுகிறோம்.

$$\therefore \quad \frac{e}{m} = \frac{2\nu\theta}{H} \qquad \dots (3)$$

இத் தொடர்பில் ν, θ, H ஆகியவற்றைச் சோதனைவாயிலாகக் கண்டுபிடிக்கக் கூடுமாதலால் $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பை மதிப்பிட்டுவிடலாம்.

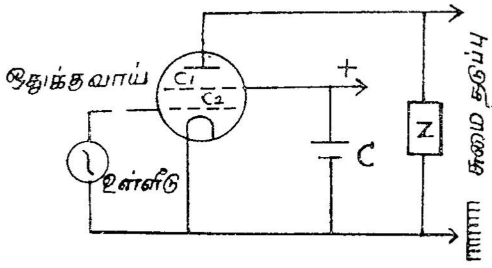
இம் முறை பேராசிரியர் லாரென்ஸால் (Prof. Lawrence) முதன்முதலாக முன்னிலைப்படுத்தப்பட்டு டன்னிங்டனால் மிகச் சரிநுட்பமாக மேம்படுத்தப்பட்டது. அலைப்பான் சுற்றினது அலைவெண் ν ஐ நிலைநிறுத்துவதற்குக் குவார்ட்ஸ் படிகங்கொண்டு கட்டுப்படுத்தும் முறை பயன்படுத்தப்பட்டது. கோணம் (θ) மிகத் திருத்தத்துடன் அளக்கப்பட்டது. ஒரே சீரான காந்தப் புலத்தை அடைவதற்காகவேண்டி ஒரு பெரிய திறமிக்க மின் காந்தம் பயன்படுத்தப்பட்டது. காந்தப்புலத்தின் தீர்வுகட்ட மதிப்பு H ஆனது 0·02% திருத்தத்திற்குக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இம்முறையில் கிடைத்த $\frac{e}{m}$-ன் மதிப்பு $1{\cdot}7593 \times 10^7$ மி. கர்.அ.

பல மின்வாய்க் குழாய்கள்

சிறிதுகாலம் வரையில் மும்முனைக் குழாய்தான் ரேடியோ அலைகளை ஆக்குதல், கண்டுபகுத்தல், பெருக்குதல் போன்ற ரேடியோத் துறையின் பல்வேறு தேவைகளையும நிறைவேற்றும் ஒரே வகையாக இருந்தது. ஆனால், மின்குழாய்களின் வளரும் தொழில் நுணுக்கங்களின் பயனாக ரேடியோ நுட்பத்துறையின் வளர்ச்சிக் கட்டங்களில் எதிர்கொள்ளப்பட்ட பல பிரச்சினைகளை யும் மும்முனைக் குழாயைவிட மிகவும் பயனுறுதிறனுடன் தீர்க்கின்ற வேறுபல மின்குழாய்களும் தோன்றின. அவற்றுள் பெரும்பான் மையானவை மூன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்வாய்களை உடையன. எனவே, அவை பல மின்வாய்க் குழாய்கள் எனும் பொதுவான தலைப்பின்கீழ் வகைப்படுத்தப் பெறுகின்றன. அவற்றுள் மிகவும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த சிலவற்றைப்பற்றி இங்கே சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

நான்முனைக் குழாய் (Tetrode) : உயர் அலைவெண்களில் பெருக்கும்போது மும்முனைக் குழாயின் தகட்டுக்கும் இடை வாய்க்குமிடையே ஒரு சிறிய மின்வாயிடை மின்னேற்புத்திறன் தோன்றுவதால் தகட்டுச் சுற்றும் இடைவாய்ச் சுற்றும் பிணை கின்றன. இதனால், மும்முனைக் குழாயின் செயல் நிலையற்றதாகி விடுகிறது. இது மும்முனைக் குழாயின் ஒரு குறைபாடாகும். இவ்வாறேற்படும் பிணைப்பு, மின்குழாயை அலைவுகளை உண்டாக்கு மாறு செய்கின்றது. இவ்வலைவுகள் ஏற்பியில் சீழ்க்கையொலியாக

வெளிப்படுகின்றன. தொந்தரவு கொடுக்கும் இந்தக் காரணி நான் முனைக் குழாயில் வெற்றி கொள்ளப்பட்டுள்ளது. நான்முனைக் குழாயில் தகட்டிற்கும் ஆட்சி வாய்க்கும் (control grid) இடையில் ஒதுக்குவாய் (screen grid) எனப்படும் கூடுதலானவோர் இடை வாய் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இதன் காரணமாக நான்முனைக்



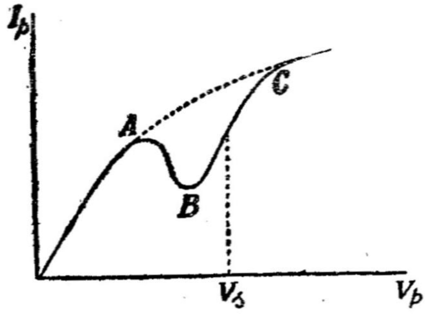
படம் 60. ஒதுக்குவாயின் செயல்-நான்முனைக் குழாய்

குழாயானது ஒதுக்குவாய் மின்குழாய் எனவும் வழங்கப்படும். ஒதுக்குவாயானது தகட்டின் மின்னழுத்தத்தைவிடக் குறைந்த ஒரு மாறு நேர்மின்னழுத்தத்துடனும் ஒப்பீட்டில் தாழ்ந்த மின்னேற்புத் திறனுடைய மின்னேற்பி C வழியாகத் தரைக்கும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தகடும், இடைவாய்களும் C_1, C_2 ஆகிய மின்னேற்புத் திறன்களைப் பெற்றுள்ளன (படம் 60) இப்போது தகட்டுச் சுற்றுனது தகட்டிலிருந்து C_1 வழியாக ஒதுக்குவாய்க்கும் அதிலிருந்து C வழியாகத் தரைக்கும் அதிலிருந்து சுமை மின்தடுப்பு Z வழியாக மீண்டும் தகட்டுக்குமாக உள்ளது. ஆட்சிவாய்ச் சுற்றுனது தகட்டிலிருந்து ஆட்சிவாயிலிருந்து C_2 வழியாக ஒதுக்கு வாய்க்கும், அதிலிருந்து C வழியாக தரைக்கும், தரையிலிருந்து மீண்டும் ஆட்சிவாய்க்குமாக உள்ளது. இரு சுற்றுகளுக்கும் பொதுவாக உள்ளது மின்னேற்பி C ஆகும். இதனைப் போதுமான அளவு பெரிதாக்குவதன் வாயிலாக எதிர்த்திசையில் பாயும் மின்னோட்டத்தினுல் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் நுழைக்கப்படும் மின்னழுத்தம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறியதாக்கப்படலாம். இவ்வாருக, இரண்டாவது இடைவாய் ஒன்றைக் கூட்டுவதனுல் தகட்டுச் சுற்றுக்கும் இடைவாய்ச் சுற்றுக்குமிடையேயுள்ள பிணைப்பினது விளைவு நீக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாக மின்குழாய் அலைவுகளை உண்டாக்க முயலுவதில்லை; நிலைத்த பெருக்கம் கிடைக்கிறது. எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டை நோக்கிப் பாய்வதனை ஒதுக்குவாய் தடை செய்யாமலிருப்பதற்காக ஒதுக்குவாய்க்குத் தகட்டின் மின்னழுத்தத்தைவிடக் குறைவான (ஏறத்தாழ மூன்றில் இரண்டு பங்கு) நேர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது.

ஒதுக்குவாய் மற்றொரு முக்கியமான விளைவையும் ஏற்படுத்துகிறது. அதாவது, ஒதுக்குவாய் தகட்டைக் காட்டிலும் இழைக்கு அருகில் இருப்பதாலும் எலெக்ட்ரான்கள் ஓட்டத்தின்மீது ஒதுக்குவாயே கணிசமான அளவு ஆட்சி செலுத்துவதாலும் தகடு எலெக்ட்ரான் ஓட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதில் திறன் குறைந்திருக்கும். இதனால், முன்னே கிடைப்பதைக் காட்டிலும் உயர்ந்த ஒன்றுக்கொன்றான கடத்துகையும் மிக உயர்ந்த பெருக்கற்பலன் எண்ணும் கிடைக்கின்றன. தற்காலத்திய நான்முனைக் குழாயை 4 அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ஒன்றுக்கொன்றான கடத்துகையுடன் 1000-க்குமேற்பட்ட பெருக்கற்பலனைப் பெறுமாறு செய்ய முடியும்.

ஐம்முனைக் குழாய் (Pentode) : கடுவேகத்தில் சென்றுகொண்டிருக்கும் வெப்பமின் எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டின் மேற்பரப்பைத் தாக்குதலால் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இதனால், நான்முனைக் குழாய் இயல்பு முரணிய நிலையில் வேலை செய்கிறது ; திரிபினை உண்டாக்குகிறது. இது நேர்மின்வாய்த் தற்சிறப்புக்கோட்டில் தகட்டு ஒதுக்குவாயைவிடக் குறைந்த மின்னழுத்தத்தைப் பெற்றிருக்கும் பகுதியில் ஏற்படுகின்ற கொக்கிபோன்ற ஒரு வளைவினால் விளக்கிக் காட்டப்பெறுகிறது. இருமுனைக் குழாயிலோ அல்லது மும்முனைக் குழாயிலோ தகட்டிலிருந்து வெளிவிடப்படும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டிற்கே திரும்ப ஈர்க்கப்படுகின்றன. இதனால், தகட்டினை அடையும் எலெக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கை பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆனால், நான்முனைக் குழாயில் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களின் பல ஒதுக்குவாய் உயர்ந்த நேர்மின்னழுத்தம் பெற்றிருப்பதால் அதனால் ஈர்க்கப்படுகின்றன ; அதுவும் சிறப்பாகத் தகட்டு மின்னழுத்தம் ஒதுக்குவாயைவிட மிகக் குறைவாக இருக்கும்போது ஒதுக்குவாயில் ஈர்க்கப்படுகின்றன. எனவே, தகட்டு மின்னழுத்தத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள் தகட்டினைச் சேரும் எலெக்ட்ரான்களின் மொத்த எண்ணிக்கை குறைகிறது. ஒதுக்குவாயின் மின்னழுத்தத்தை அதன் இயல்பான மாறா மதிப்பில் வைத்துத் தகட்டு மின்னழுத்தத்தைப் படிப்படியாக உயர்த்தினால் தகட்டு மின்னோட்டம் முதலில் இயல்பாக மாறுகின்றது. எனினும், இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்கள் ஒதுக்குவாயால் ஈர்க்கப்படுவதால் தகட்டு மின்னோட்டம் அதிகரிப்பது நின்று உண்மையில் குறைய ஆரம்பிக்கும் ஒரு நிலை ஏற்படுகிறது. ஆகவே, தகட்டு மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது தகட்டு மின்னோட்டம் குறைவதாகிய ஒரு விந்தையான முடிவு கிடைக்கிறது. எனினும், இந்நிலை விரைவி

லேயே, தகட்டு மின்னழுத்தம் ஒதுக்குவாய் மின்னழுத்தத்திற்கு ஒப்பான அளவில் ஆகும்போது நின்றுவிடுகிறது. அதன் பிறகு தகட்டு மின்னழுத்தம் ஒதுக்குவாயினுடையதைக் காட்டிலும் அதிகமாகும்போது தகட்டு மின்னோட்டம் விரைந்து இயல்பான நிலைகட்கு உயர்கிறது. தகட்டை நோக்கி எலெக்ட்ரான் பாயும் இயல்பான ஓட்டத்தில் ஒதுக்குவாயின் குறுக்கீடு படம் 61-ல் பார்ப்பதுபோல் நான்முனைக் குழாயின் நேர்மின்வாய் தற்சிறப்புக் கோட்டில் கொக்கிபோன்ற ஒரு வளைவாகத் தோன்றுகிறது. ABC என்பது கொக்கி. இயல்பான வளைகோடு புள்ளியிட்ட கோட்டின் வழியாக அமைந்திருக்க வேண்டும். தகட்டு மின்னழுத்தம் ஒதுக்குவாய் மின்னழுத்தத்தில் 70% இருக்கும்போது கொக்கி தன் பெரும



படம் 61. நான்முனைக் குழாயின் நேர்மின்வாய் தற்சிறப்புகள்

மதிப்பை அடைகிறது. பல காரியங்களுக்கு இந்தக் கொக்கி ஒரு தொல்லை; இது நான்முனைக் குழாயின் பயனை ஒரு வரையறைக் குட்படுத்திவிடுகிறது. காட்டாக, இக் குழாயைத் தாழ்அலை வெண் வேலைகட்குப் பயன்படுத்த முடியாது. இக் கொக்கியினை நீக்குவதற்கு ஒதுக்குவாயானது தகட்டுடன் ஒப்பிட நேர்மின்னழுத்தமுடையதாக இருக்கும்போதுகூட இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்கள் தகட்டிற்குத் திருப்பியனுப்பப்பட வேண்டும்.

ஒதுக்குவாய்க்கும் தகட்டுக்குமிடையே சேர்க்கப்பட்டுள்ள ஒடுக்குவாய் (suppressor grid) எனப்படும் மூன்றாவது இடைவாயோடுகூடிய ஐம்முனைக் குழாய் இதனைச் செய்கிறது. ஒடுக்குவாயானது மற்ற இரு இடைவாய்களைக் காட்டிலும் அகன்ற இடைவெளிவிட்டுச் செய்யப்படுகிறது; இழையோடு நேரடியாக இணைக்கப்பட்டு விடுகிறது. எனவே, இதன் மின்னழுத்தம் சுழியாகும். இது இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளியீட்டில் எந்தப் பங்குமேற்பதில்லை. ஆனால், அவ்வெலெக்ட்ரான்கள் உண்டாக்கப்பட்ட உடனடியாக அவற்றின்மீது மிக வலுவான ஆட்சி செலுத்துகின்றன; தாழ்ந்த தகட்டு மின்னழுத்தங்களில்கூட அவற்றைத் தகட்டிற்குத் திரும்ப விரட்டுகின்றன. இதனால் கொக்கியற்ற சீரான நேர்மின்வாய் தற்சிறப்புக் கோட்டினைக் கொடுக்கிறது. நான்முனைக் குழாய்க்குள்ளதுபோல் ஐம்முனைக் குழாயின்

பெருக்கற்பலன் எண்ணும் மின்தடுப்பும் மிக உயர்ந்தவை; பெருக்கற்பலன் எண் 2000 வரைகூட இருக்கும். இதனைச் செவியுறு அலைவெண்ணிலும், ரேடியோ அலைவெண்ணிலும் உயர்ந்த பெருக்கத்தை அடைவதற்குப் பயன்படுத்தக்கூடும். ரேடியோ அலைவெண் பெருக்குகளில் நேர்மின்வாய்ச் சுற்றுக்கும் இடைவாய்ச் சுற்றுக்குமிடையே தடுத்து ஒதுக்கும் செயல் மிக முக்கியமானது. அத்தகைய வேலைகட்குப் பயன்படுத்தும்போது ஐம்முனைக் குழாயின் ஒதுக்குவாயின் இருமுனைகளும் ஆட்சிவாயினை முற்றிலும் சூழ்ந்துள்ள உலோகத் தடுப்புடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்; ஒடுக்குவாயானது மின்குழாயின் ஒரு பிணைப்பு ஊசியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் அதனைச் சரியாகத் தரையிடலாம். செவியுறு அலைவெண் ஐம்முனைக் குழாய்களில் தடுத்து ஒதுக்குதல் முக்கியமானதன்று; ஒடுக்குவாய் மின்குழாயினுள்ளேயே எதிர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஐம்முனைக் குழாயின் எல்லா மின்வாய்களையும் புறத்தே பிணைப்பு ஊசிகளுடன் இணைத்துவிட்டால் இதனை ஒரு மும்முனைக் குழாயாகவோ அல்லது நான்முனைக் குழாயாகவோ பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். ஒதுக்குவாய், ஒடுக்குவாய், நேர்மின்வாய் ஆகியவற்றை ஒன்றாக இணைத்துவிட்டால் இது மும்முனைக் குழாயாகச் செயல்படும்; ஒடுக்குவாயை ஒதுக்குவாயுடன் இணைத்துவிட்டால் மின்குழாயானது நான்முனைக் குழாயாகச் செயல்படும்.

கொக்கி வளைவில்லாத நான்முனைக் குழாய் (கற்றை-திறன் குழாய்—**beam power tube**): ஒடுக்குவாய் இல்லாமலேயே நேர்மின்வாயிலிருந்து வரும் இரண்டாம்நிலை வெளியீட்டினைக் கட்டுப்படுத்த முடியுமென மிகவும் அண்மைக் காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதற்கு நான்முனைக் குழாயின் பல அம்சங்களில் வடிவங்களை ஏற்ற முறையில் அமைக்கவேண்டும்; குறிப்பாக ஒதுக்குவாய்க்கும் தகட்டிற்கும் இடையேயுள்ள தூரத்தை அதிகரித்தல், எதிர்மின்வாயுடன் ஒதுக்கும் தகடுகளை இணைத்து அதனால் எலெக்ட்ரான் கற்றைகளை உண்டாக்கி நேர்மின்வாயின்மீது விழச்செய்தல் போன்றவற்றைச் செய்யலாம். இம் மின்குழாய்கள் வழக்கமாகக் கொக்கி வளைவில்லாத நான்முனைக் குழாய்கள் அல்லது கற்றை-திறன் குழாய்கள் எனப்படும். இவை ஐம்முனைக் குழாய்களைப் போன்றே செயல்படுகின்றன: அதனுடையதைப் போன்ற தற்சிறப்புகளைப் பெற்றுள்ளன. ஆனால், தகட்டு மின்னழுத்தத்தின் சிறுமமும் ஒதுக்குவாய் மின்னழுத்தமும் சமமாக இருக்கும்போது கூர்மையான ஓர் இடைமுறிவு (முழங்கால்) ஏற்படுகிறது.

அறுமுனைக் குழாய் (hexode), எழுமுனைக் குழாய் (heptode), எண்முனைக் குழாய் (octode), மும்முனை–அறுமுனைக் குழாய் (triode-hexode) : பல மின்வாய்களையுடைய இவை அலைவெண் மாற்றிகள் (frequency changers) அல்லது கலக்கிகளாகப் பரவலாகப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன ; உண்மையில் இவை பலகாரிய மின்குழாய்களே. சிக்கனத்திற்காகவும், இடத்தை அடைக்காமலிருப்பதற்காகவும் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட மின்குழாய்கள் செய்யும் வேலையை ஒரே ஒரு மின்குழாய் செய்கிறது; பல்வேறு மின்குழாய்களினது உறுப்புகளும் ஒரே உறைக்குள் பொருத்தப்படுகின்றன ; ஒவ்வொரு மின்குழாய்ப் பகுதியும் மற்றவற்றைச் சாராமல் தனித்தோ அல்லது பல்வேறு உறுப்புகளுடன் ஏதோ ஒரு வகையில் செயல்தோடர்புகொண்டோ இயங்கும். காட்டாக, மும்முனை–அறுமுனைக் குழாயில் மும்முனைக் குழாய் அலைப்பானும் அறுமுனைக் குழாய்க் கலக்கியும் உள்ளன; மும்முனைக் குழாயின் இடைவாய் அறுமுனைக் குழாயின் கலக்கும் இடைவாயுடன் உள்ளேயே இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இரு மின்குழாய் அமைப்புகளும் முனைக்கு முனையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும் ; அவற்றிற்கிடையே எதிர்மின் வாயோடு இணைக்கப்பட்ட ஒரு தடுப்பு உள்ளது ; இரு மின்குழாய்ப் பகுதிகளும் பொதுவான ஓர் எதிர்மின்வாயைப் பகிர்ந்து கொள்கின்றன. ஐந்து இடைவாய்-மாற்றி (penta grid converter) என வழங்கப்படும் எழுமுனைக் குழாயும் ஓர் அலைப்பான், கலக்கி ஆகியவற்றின் சேர்க்கையே. இம் மின்குழாய்களில் உள்வரும் ரேடியோ அலைவெண் சைகை உள்ளேயே தோற்றுவிக்கப்படும் அதனினும் சற்று உயர்ந்த அலைவெண் சைகையுடன் கலக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாகத் தகட்டுச் சுற்றில் வெளிப்பாடு கலக்கப்படும் இரண்டினது வேறுபாட்டிற்குச் சமமான அலைவெண்ணைப் பெற்றிருக்கும்.

மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும் மின்குழாய்கள் (Indirectly heated valves): வெப்ப மின்துகள் மின்குழாய்களை இயக்குவதற்கு மிகவும் வசதியாக, மலிவானவையாக மின்விளக்குகளின் மின்சார ஊற்றுவாய்களைப் பயன்படுத்த முற்பட்டதிலிருந்து 'மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும்' மின்குழாய்கள் எனப்படும் தனிவகை மின்குழாய்கள் உருவாக்கப்பட்டன. இதில், தேவையான வெப்பமின் எலெக்ட்ரான்களை வழங்குகின்ற எதிர்மின் வாயிலேயே மாற்றம் செய்யப்பட்டுள்ளது. ஆரம்பகால மின்குழாய் வகைகளில் எதிர்மின் வாயானது தகுந்த ஆக்சைடால் பூச்சிடப்பட்ட ஒரு கம்பி இழையாலானது ; இந்த இழையின் வழியாக 2 அல்லது 4 வோல்ட்டுகளைக் கொடுக்கும் ஒரு சேம மின்கலத்திலிருந்து வரும் மின்னோட்டத்தைச்செலுத்தி அது மங்கலான சிவப்பாகுமாறு

சூடாக்கப்படுகிறது. அப்போது, தேவையான எலெக்ட்ரான்கள் முழுதும் வெளிவிடப்படுகின்றன. தற்காலத்திய மின்குழாய் களில் எதிர்மின்வாயானது சாதாரண ஒரு கம்பியிழையன்று; ஆனால், எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் ஆக்சைடுகளால் பூச்சிடப் பட்ட ஒரு சிறிய குழாயாகும். இந்தக் குழாயின் மையத்தின் ஊடே சூடாக்கி அல்லது இழை செல்கிறது. இந்த இழைக்கு மின் ஊற்றுவாய்களிலிருந்து வரும் மின்னோட்டம் வழங்கப்படுகிறது. இந்த இழையினால் கதிர்வீசப்படும் வெப்பம் எதிர்மின்வாயைச் சூடாக்குகிறது. எதிர்மின்வாய் போதுமான அளவு சூடான வுடன் எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகிறது. எதிர்மின்வாய் ஒப் பீட்டில் உயர்ந்த பொருண்மையைப் பெற்றிருப்பதால் அது சூடாக்குவதற்கு நீண்ட நேரமாகும். ஆகையால், இது மின்சார ஊற்றுவாயின் ஒப்பீட்டில் விரைந்து ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங் களைச் சாராதிருக்கிறது. எனவே, இத்தகைய ஒரு மின்குழாய் மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படுகிறது. இதனை இருதிசை. மின் னோட்ட ஊற்றுவாய்களிலிருந்து நேராகவே இயக்கலாம்; இதற்கு ஊற்றுவாயில் உள்ள ஒரு மின்மாற்றியின் ஒரு சுருளினால் மின் னழுத்தம் 4 வோல்ட்டுகளாகக் குறைக்கப்படுகிறது. சிலவகை மின்குழாய்களில் சூடாக்கிகளுக்கு இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற் பட்ட ஆம்பியர்கள் தேவைப்பட்டாலும் வழக்கமாக இது ஓர் ஆம்பியரே எடுத்துக்கொள்ளும். மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும் மின்குழாய்கள் மின்கல அடுக்கினால் சூடாக்கும் வகையினைப் போன்றே செயல்படுகின்றன ; ஆனால், ஒரே ஒரு மாறுதல் உண்டு. அதாவது, உயர்மின்னழுத்தத்தின் எதிர்முனையும் இடைவாய் இணைப்புகளும் சூடாக்கியிலிருந்து தனித்து அதிலிருந்து காப்பிடப் பட்டுள்ள எதிர்மின்வாய்க்கே இணைக்கப்படுகின்றன. வழக்க மாக எதிர்மின்வாயானது சூடாக்கிக்காக உள்ள மின்மாற்றியின் சுருளின் மையத்துடனே அல்லது அதற்குச் சமமான ஓர் இடத் துடனே இணைக்கப்படும். எப்பொழுதும் ஒரு சிறு சதவீதம் ஏற்ற இறக்கங்களையுடைய மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்கும் ஒருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாய்களில் இயக்குவதற்கும் இத்தகைய மின் குழாய்கள் செய்யப்படுகின்றன.

ரேடியோத் தொடர்புபற்றிய குறிப்பு

ரேடியோத் தொடர்புபற்றிய இதுவரை அதிகம் சொல்லப் படாத சில முக்கியமான நடைமுறை விவரங்களைச் சுருக்கமாக இத் தலைப்பின்கீழ்க் கூறுவோம். அவற்றைப் பின்கண்ட முறையில் வரிசையாகப் பார்க்கலாம்.

(1) **மின்காந்த அலைகள் செய்திகளை எடுத்துச் செல்லும் ஊர்தி களாகப் பயன்படுதல்** : செய்தியை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத் திற்கு அனுப்புவதற்கு ஓர் ஊர்தி (carrier) தேவைப்படுகிறது. ரேடியோ அலைகள் (radio waves) எனப்படும் மின்காந்த அலைகள் செய்திகளைப் பரப்புவதற்கு இலட்சிய ஊர்திகளாக அமைகின்றன. ஏனெனில் (1) அவை ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமமான மீஉயர்ந்த வேகத்தில் அ-து., வினாடிக்கு 3×10^{10} செ.மீ. வேகத்தில் செல் கின்றன, (2) இவை பரப்பப்படுவதற்குத் தேவையான இடை நிலைப்பொருள் (medium) எல்லையற்றுப் பரந்து கிடக்கிறது ; மேலும் பயனுறுதிறன் வாய்ந்தது, (3) இயக்கத்திலிருக்கும் வாகனங்கள் வானவூர்திகளுக்கிடையே செய்தித் தொடர்பு ஏற் படுத்துவதில் இவை மிகுந்த நடைமுறைப் பயனுடையனவும் சிக்கனமானவையும் ஆகும். 'ஊர்தி' (carrier) எனும் சொற் றொடர் ரேடியோத் தொடர்பில் செய்திகளைத் தாங்கிச் செல்லும் ஊர்திகளாகப் பயன்படும் மின்காந்த அலைகளைக் குறிப்பதற்கு எங்கும் கையாளப்படுகின்றது. ரேடியோத் துறையின் ஆரம்ப காலத்தில் மின்பொறி மின்னுக்கிகளால் (spark generators) தோற்றுவிக்கப்படும் தேய்வுற்ற மின்காந்த அலைகள் (damped electromagnetic waves) ஊர்திகளாகப் பயன்படுத்தப்பெற்றன. ஆனால், அவை இப்பொழுது வழக்கிழந்துவிட்டன. அவற்றிற்குப் பதில் மின்குழாய்களால் உண்டாக்கப்படும் பயனுறு திறம்மிக்க, தங்கு தடையின்றி இழைந்தியங்குகின்ற தொடர்ச்சியான மின் காந்த அலைகள் பயன்படுகின்றன. தகுந்த முறையில் செய்தியுடன் இணைக்கப்பட்ட ஊர்தி அலைகள் தனியாகத் திட்டமிட்டு அமைக் கப்பட்ட அட்டென்னு (atenna) அல்லது ஏரியல் (aerial) எனப் படும் திறந்த அலைவுச் சுற்றினுல் (open ocillatory circuit) பரப்பப் படுகின்றன. மின்காந்த அலைகளை ஒரு சுழற்சியின் பாகத்தி லிருந்து ஆயிரக்கணக்கான மில்லியன் சுழற்சிகள்வரை எந்த அதிர்வெண்ணிலும் தோற்றுவிக்க முடியுமானுலும் செய்தி அலை வரிசையினை அகலம், ஏரியலின் கதிர்வீச்சுப் பயனுறுதிறன் (radiation efficiency), உட்கவர்தல் விளைவு (absorption effect), ஏற்பு முறையின் (reception) தேர்திறன் (selectivity), விரும்பத் தகாத குறுக்கீடு (interferance) போன்ற பல காரணிகளால் ஊர்திகளாகப் பயன்படுத்த 13 கிலோ சுழற்சியிலிருந்து 10,000 மெகா சுழற்சிகள் வரையுள்ள உயர்அதிர்வெண் மின் காந்த அலைகள் தேவைப்படுகின்றன. உயர்அதிர்வெண்கள் தாழ்அதிர்வெண்களைவிட மிகுந்த கதிர்வீசும் பண்புடையன. அவப்பேருக அவை காற்று, மலைகள் போன்றவற்றுல் மிக எளிதில் உட்கவரப்பட்டுவிடுகின்றன. எனவே, பயன்படுத்தப்படும் அதிர்வெண் செய்தி செலுத்தப்பட வேண்டிய தூரத்தைப்

பொறுத்துள்ளது. குறுகிய தூரப் பரப்பலும், குறிப்பிட்ட ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குத் தொடர்புகொள்ளலும் 100 கிலோ சுழற்சிகளிலிருந்து 1·5 மெகா சைக்கிளுக்குள் நிகழ்த்தப்படுகின்றன. தொலைதூரங்களுக்கு 20 கிலோ சைக்கிள்கள்வரை பயன்படுத்தலாம். இந்தத் தாழ்அலைவெண்களுக்கு மிக உயர்ந்த ஆற்றல் (200 கிலோவாட்டும் அதற்கு மேலும்) தேவைப்படும். இருந்தாலும் தற்காலத்திய தொலைதூரத் தொடர்பு, 3-லிருந்து 30 மெகா சைக்கிள்வரையுள்ள மிக உயர்ந்த அதிர்வெண்களிலேயே நிறைவேற்றப்படுகின்றது. இதனைப் பிறகு பார்ப்போம். மேலும், நடைமுறையில் பரப்பப்பட வேண்டிய பல வகைச் செய்திகளின் தன்மைக்கேற்ப ஊர்தி அலைகள் அதிர்வெண்கள் தருந்த முறையில் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன.

பரப்பும் வகைகள் (Forms of transmission) : தற்காலத்தில் ரேடியோவினால் பரப்பப்படும் மிக முக்கியமான செய்திவகைகளாவன :

(அ) ரேடியோத் தந்தி (Radio telegraphy) : இங்கே செய்தி மோர்ஸ் குறியீட்டில் (Morse code) அதாவது புள்ளிகள், கோடுகள் தொகுதியாகவுள்ளது. புள்ளிகளையும் கோடுகளையும் உருவாக்கும் எளியமுறை ஒரு தந்திச் சாவியைக் (telegraph key) கொண்டு தொடர்ச்சியான ஊர்தி அலையை இடை இடையே முறிப்பதாகும். சாதாரணத் தந்தி முறையில் இந்தத் தந்திச் சாவி நிமிடத்திற்கு ஏறக்குறைய 20 சொற்கள் எனும் வீதத்தில் கையினாலேயே இயக்கப்படுகிறது. இவ்வகைப் பரப்பல் பண்பேற்றாத தொடர்ச்சியான அலைத்தந்தி (தொ.அ.) என வழங்கப்படுகிறது. இவ்வகைச் செய்தி சாதாரணமாக ஒரு காதொலியத்தால் (earphone) ஏற்கப்படுகிறது. எனவே, ஏற்கும் இடத்தில் ஒரு தல அலைப்பானை (local oscillator) பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. இதற்குக் கலக்கிப் பிரித்தல் ஏற்புமுறை (heterodyne reception) எனப்பெயர். ஏனெனில், ஊர்தி அலைகள் பண்பேற்றப்படாதவை (unmodulated) ஆனதால் அவற்றைக் கண்டுபகுக்கும்போது காதொலியத்தில் (head phone) லேசான 'கிளிக்' என்ற ஒலி எழும்புமே தவிர, தெளிவாகக் கேட்கக் கூடிய ஒலி உண்டாகாது. குறியீட்டுச் சைகைகளை காது கேட்கும் அளவிற்காக்குவதற்கு ஏற்கப்படும் சைகைகளின் அதிர்வெண்ணிற்குக் கிட்டத்தட்ட சமமான அலைவெண்ணுடைய தொடர்ச்சியான உள்அலைவுகளை (local oscillations) உண்டாக்குமாறு ஏற்பி அமைக்கப்படுகிறது. அதனோடு இரு அலைவுகளும் இணைந்து துடிக்கச் செய்யப்படுகிறது (beat—கலக்கிப் பிரித்தல்). இதனால் விளையும் துடிப்பு அலைவெண்

(beat frequency) கலக்கப்படும் இரு உயர்அதிர்வெண்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமம்; எனவே, செவியுறு அதிர்வெண் வரிசையில் இருக்கும். அதனால் காதொலியங்கள் எதிரளிக்கச் செய்யும். இவ்வகைத் தொடர்புமுறை பல நன்மைகளைப் பெற்றிருக்கின்றது. என்பதனைக் கவனிக்கலாம்: சைகை ஏதும் உள்ளே வராதபோது ஒலி எதுவும் கேட்பதில்லை. உள்அலைவுகளின் அதிர்வெண் சைகையினுடையதைவிடக் குறைவாக இருக்கிறதா அல்லது உயர்வாக இருக்கிறதா என்பது ஒரு பொருட்டன்று. அவை சுழிக்கு இரு பக்கத்திலும் உண்டாக்கும் துடிப்பு சுரங்கள் (beat notes) செவியுறும் அலைவரிசையில் இருந்தால் போதுமானது. துடிப்பு அதிர்வெண்ணை (beat frequency) நாம் விரும்பும் காதொலியம் தொனி அலைவெண்ணிற்கு (headphone tone frequency) ஏற்ப மாற்றிக் கொள்ளலாம். இதனால் வேண்டாத நிலையங்களிலிருந்து வரும் சைகைகளால் ஏற்படும் குறுக்கீடுகளைத் தவிர்க்க முடிகிறது.

ஒரு செவியுறு அதிர்வெண்ணில் பண்பேற்றம் பெற்ற ஊர்தி அலைகளை அ-து., ஊர்தி அலைகளின் வீச்சு அல்லது அதிர்வெண் அல்லது இரண்டுமே ஒரு காலாந்தர முறையில் (periodic manner) செவியுறு அதிர்வெண்ணில் மாறுமாறு செய்யப்பட்டுச் சாவியினால் கட்டுப்படுத்தப்படும் அலைகளையும் ரேடியோத் தந்தியில் கையாளலாம். இம்முறை இடைஇடைத் தொடர்பறுபடும் தொடர்ச்சியான அலை (இ.தொ.அ.) ரேடியோத் தந்தி எனப்படும். இம்முறையைப் பயன்படுத்தும்போது ஏற்பியில் தொனியுண்டாக்கும் தனித் தலஅலைப்பான் தேவையில்லாமல் போய்விடுகிறது. ஆனால், இம்முறையினால் மேற்கொண்டு கூடுதலாகக் கிடைக்கும் ஆதாயம் எதுவுமில்லாததால் இது பயன்படுத்தப்படுவதே யில்லை.

மிகுவேகச் செய்திப் போக்குவரத்தைப் பெருமளவில் கையாள வேண்டியிருக்கும்போது கைப்பாடு செயல்முறைகள் (manual operation) மிகவும் மெதுவானவை. எனவே, எந்திரங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. குறியீடானது புள்ளிகளாலும் கோடுகளாலும் ஆனது. செய்தி ஒரு தனித் தட்டச்சுப் பொறியினால் (type writer) ஒரு காகித நாடாவின்மீது (paper tape) பதிவு செய்யப்படுகிறது. தட்டச்சுப் பொறி நாடாவின்மீது புள்ளிகளுக்கும் கோடுகளுக்கும் இசைந்த துளைகளை இடுகின்றது. பிறகு இந்த நாடாக்கள் ஓர் எந்திரத்திற்குள் மிகுவேகத்தில் செலுத்தப்பட்டுப் புள்ளித் துளைகள் மின்சைகைகளாக (electrical signal) மாற்றப்பட்டு நிமிடத்திற்கு ஏறத்தாழ 300 சைகைகள் எனும் வேகத்தில் பரப்பியினால் அனுப்பப்படுகின்றன. ஏற்பி இதற்குத் தலைகீழாகச் செயல்படுகின்றது. புள்ளிச் சேர்மானங்கள் தாமா

கவே மின் தட்டச்சுப் பொறியின் சரியான விரற்கட்டையை வரிசைக் கிரமத்தில் பொறுக்க இயங்கச் செய்கின்றன. இதனுல், செய்தி மற்ருெரு நாடாவின்மீது நேரடியாக அச்சிடப்படுகிறது. இத்தகைய மிகுவேகத் தந்திப் போக்குவரத்து எந்திரம் தொலைத் தட்டச்சு (teleprinter) எனப்படுகின்றது.

பண்பேற்றப்படாத தொடர்ச்சியான அலைத்தந்திச் செய்தியில் அலைவரிசையின் அகலம் விஞடிக்கு 500 சைக்கிள்கள் எனும் வரிசையில் இருக்கிறது என்பதனையும் அதே நேரத்தில் பண் பேற்றிய இடைஇடையே தொடர்பறுபடும் தொடர்ச்சியான அலை பரப்பல்களில் (interrupted continuous wave transmission) செய்தி முந்தையதினினும் அகன்ற அலைவரிசையில் (ஏறத்தாழ விஞடிக்கு 1600 சுழற்சிகள்) உள்ளது என்பதனையும் கவனிக்க வேண்டும்.

500 கிலோ சுழற்சிகள் எனும் வரிசையிலுள்ள ஊர்தி அலை வெண் இருவகை ரேடியோத் தந்திக்கும் (radio telegraphy) உகந்தது.

(ஆ) ரேடியோத் தொலைபேசி (Radio telephony): இது பேச்சு, இசை அல்லது செவியுணரக் கூடிய வேறுவகை ஒலிகளைப் பரப்புதல் பற்றியது. எனவே, இது எல்லாச் செவியுறு அலைவெண் சுரங்களை யும் தழுவியது. பேச்சு, இசை ஆகியவற்றின் அலை உருவங்கள் (wave-forms) மிகவும் சிக்கலானவை; வேறுபட்ட அலைவெண் களையும் வீச்சுகளையும் உடைய பல வேறுபட்ட தனித்தனி ஒலிகள் பல ஒரே நேரத்தில் செயல்படுவதை உள்ளடக்கியது. பேச்சினது அலைவெண் வீச்சு (frequency range) ஏறத்தாழ 150-லிருந்து 2000 சுழற்சிகளுக்குள் உள்ளது. ஆனுல், இசைக்கு இதனினும் அகன்ற வீச்சு அ-து., 50 சைக்கிள்கள், ஏன் அதனினும் குறைவான திலிருந்துகூட ஆரம்பித்து ஏறக்குறைய 7500 சைக்கிள்கள் வரை செல்கிறது. எனவே, இசையினை அப்படியே திரும்பப் பெறுவதற்கு மூலத்திலில்லாத ஒலிகளின் கூடுதலில்லாமல் 30-லிருந்து 15,000 சுழற்சிகள் வரை யாவும் சிறந்த முறையில் பரப்பப்படவேண்டும். செவியுறு அலைவெண் செய்தி 100 கிலோ சுழற்சிகளுக்குக் கீழுள்ள ஊர்திகளால் பரப்பப்படுவதில்லை. இரு வகை ஊர்திகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவற்றுள் ஒன்று இடைநிலை அலைவரிசை (medium wave band) எனப்படும். இதன் வீச்சு ஏறத்தாழ 500-லிருந்து 1600 சைக்கிள்கள்வரை இருக்கும். மற்றது குற்றலை வரிசை (short wave band) எனப்படும். இது ஏறத்தாழ 5-லிருந்து 25 மெகா சுழற்சிகள் வரை இருக்கும். ரேடியோத் தொலைபேசி என்பது அதன் சரியான பொருளில் பார்க் கும்போது பரப்பும் நிலையமும், ஏற்கும் நிலையமும் பூமியின்மீது

குறிப்பிட்ட இடங்களில் உள்ளபோது அவற்றிற்கிடையே நிகழும் குறிப்பிட்ட சேவைகளையே குறிக்கின்றது. ஆனால், பெரும்போக்காகப் பார்த்தால் ஒரு பெரிய நிலப்பரப்பில் எங்கிருந்தும் ஏற்பதற்குத் தகுந்தவாறு பொதுவாக ஓரிடத்திலிருந்து செய்தியைப் பரப்புதலையும் இது உள்ளடக்கும்.

(இ) தொலைக்காட்சி (Television) : ரேடியோவினால் படங்களைப் பரப்புவது தொலைக்காட்சியாகும். படத்தின் விவரங்கள் கூறுகூறாகக் கடுவேகத்தில் அனுப்பப்படுகின்றன. இங்கு ஒருங்கு நிகழ்விக்கும் (synchronising) துடிப்புகள் (pulses) பரப்பப்படும் போது மட்டிலும் காலாந்தரக் குறுக்கீடுகள் இருக்கும். பல சேர்ந்தமைந்த தொலைக்காட்சி அலைஉருவம் ஒலி அலையிலிருந்து வேறுபடுகிறது. சிறப்பாக, தொலைக்காட்சி அலைகளின் அலைவெண் வீச்சு மிக அகலமாக அ-து., 25 சுழற்சியிலிருந்து 3 மெகா சுழற்சிகள்வரை இருக்கும். மேலும், அவை நன்கு வரையறுக்கப்பட்டிருக்கவேண்டுமானால் முழு வீச்செல்லையையும் திரும்பத் தோற்றுவிக்க வேண்டும். இந்த அதிர்வெண் வீச்சு வீடியோ-அதிர்வெண் (video frequency) வீச்சு எனப்படும். வழக்கமான பேசும் தொலைக்காட்சியில் (talkie-television) ஒலிக்கு ஒன்றும் படத்திற்கு ஒன்றுமாக இரு தனிப் பரப்பிகள் (transmitters) பயன்படுகின்றன. எனவே, 'ஒலி' அல்லது 'செவியுறு' ஊர்தி, 'பட' அல்லது 'வீடியோ' ஊர்தி எனும் இரு ஊர்திகள் கையாளப்படுகின்றன. செவியுறு-ஊர்தியின் அலைவெண் வீச்சு ரேடியோத் தொலைபேசியினால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. அதே நேரத்தில் வீடியோ ஊர்தியின் அலைவெண் வீச்சு 30 மெகா சுழற்சிகளிலிருந்து பல நூறு மெகா சுழற்சிகள் வரையில் உள்ளது. இதனால், வீடியோ அதிர்வெண்ணின் 6 மெகா சைக்கிள்கள் ஆன அகன்ற அலைவரிசையினைத் திருப்திகரமாக உள்ளடக்க முடிகின்றது. மேலும், நீண்டதூரக் குறுக்கீட்டிலிருந்து ஒப்பீட்டளவில் தவிர்க்கமுடிகின்றது. தொலைக்காட்சிபற்றிப் பிந்திய பகுதியில் மிக விரிவாகக் கொடுக்கப்படும்.

(ஈ) ராடார் (Radar) : கப்பல்கள், ஆகாய விமானங்கள் போன்ற இயக்கத்திலிருக்கும் பொருள்களின் இருப்பிடத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்காக ராடார் சிறப்பாகப் பயன்படுகின்றது. இந்தச் செயல் நுட்பத்தில், ரேடியோ ஊர்தி குறுகிய துடிப்புகளாக ஒப்பீட்டில் நீண்டகால இடைவெளிகளில் பரப்பப்படுகின்றன. இவை ஒரு குறுகிய கற்றையாக விரும்பிய திசையில் செலுத்தப்படுகின்றன. ஊர்தித் துடிப்புகள் (carrier pulses) வானத்தைப் பகுதிபகுதியாகத் துருவுகின்றன (scan). அவை

தொலேவிலுள்ள ஆகாய விமானம் போன்ற ஒரு பொருளின்மீது படும்போது பரப்பிக்கு அருகிலுள்ள ஓர் ஏற்பிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுகின்றன. இந்த ஏற்பி ஊர்தி அலேகள் முன்னும் பின்னும் போய்வர ஆன நேரத்தை அளக்கிறது. ஏற்பியில் உள்ள எதிர்முனேக் கதிர் அலேவு வரைவி ஒன்றினேயும் ஒருங்கு நிகழ்த்தப்பட்ட கால-அடிவரையையும் (synchronised time-base) பயன்படுத்திப் பொருளின் திசையையும் தூரத்தையும் திருத்த மாகக் கணக்கிடலாம். ரேடியோத் துடிப்புகள் கடுவேகமானவை யானதால் அளக்கப்பட வேண்டிய நேரம் மிகச் சிறியது; மைக்ரோ விஞடியின் ஒரு பகுதியாக இருக்கும். இதனுல் பல மெகா சுழற்சி கள் (mega cycle) வரை உள்ள பண்பேற்ற அதிர்வெண்களே மீட்டுருவாக்க (reproduce) வேண்டியுள்ளது. ராடாரின் பயன் களுக்குப் பல ஆயிரம் மெகா சைக்கிள்களுள்ள ஊர்தி அதிர் வெண்கள் தேவைப்படுகின்றன. அப்போதுதான் மிகுந்த திசைப் பண்பும் (directivity) திறன் ஈட்டமும் (power gain) உடைய சிறிய ஏரியல்கள் (aerials) ஒளிபரப்பப்படுவதற் கொப்பான தன்மையில் ஊர்தி அலேகளேப் பரப்புவதற்கேதுவாகும். ராடார் காரியங்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்பெறும் அண்மைக் காலத்திய பரப்பிகளில் 30,000 மெகா சைக்கிள்கள் அளவிற்கு உயர்ந்த அதிர்வெண்கள் கையாளப்படுகின்றன. இந்த வியக்கத்தக்க ராடாரின் நுட்பங்கள்பற்றிப் பிந்திய பகுதி ஒன்றில் மேற்கொண்டு விவரங்கள் கொடுக்கப்படும்.

செய்திகளே எடுத்துச்செல்லும் ஊர்தியின் தேவை: எல்லா ரேடியோத் தொடர்பு முறைகளிலும் பல நூறு, பல்லாயிரம் கிலோ சைக்கிள்கள் எனும் வரிசையில் உள்ள மிக உயர்ந்த அதிர் வெண்ணுடைய மின்காந்த அலேகள் செய்திகளேச் சுமந்து செல்லும் ஊர்திகளாகப் பயன்படுகின்றன எனப் பார்த்தோம். பரப்பப் படுகின்ற செய்திகள் யாவையும் தகுந்த முறையில் மின் அதிர்வு களாக (electrical vibrations) மாற்ற முடியுமாதலால்—காட்டாக, பேச்சு, இசை ஆகியவற்றின் ஒலி அலேகளே ஒரு மைக்ரோ ஃபோனேக் (microphone) கொண்டும், படங்களே ஒளி உணர்ச்சி யுடைய மின்கலங்கள் அல்லது தொலேக்காட்சி ஒளிப்படக் கருவி யினேக் (television camera) கொண்டும் மின் அதிர்வுகளாக மாற்றலாம். அவற்றை ஊர்திகளின் துணேயில்லாமல் நேரடியாக அனுப்ப முடியாதா எனக் கேட்கலாம். இவ் விஞவிற்குரிய விடை எதிர்மறையிலேயே இருக்கிறது என்பது வெளிப்படை. ஏனெனில், பல்வேறு செய்திகளேயும் குறிக்கும் மின்காந்த அலேகள் ஒப்பீட்டில் தாழ்ந்த அலேவெண்களேயுடையன. இத் தாழ்ந்த அலேவெண்களே வெளியின் வழியாகப் பயனுறு திறனுடன் பரப்ப

முடியாது. ஏனெனில், ஒரு ஏரியலின் கதிர்வீச்சு இயக்குதிறம் (radiation efficiency) கதிர்வீசப்படும் அலைகளின் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது.

II. பண்பேற்றம் (Modulation)

பண்பேற்றம் என்பது பரப்பப்படவேண்டிய செவியுறு அலைவெண் (அல்லது விடியோ அலைவெண்) செய்தியினை ரேடியோ அலைவெண் ஊர்தியின்மீது பொருத்துதல் ஆகும். இதனால் பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி அலை கிடைக்கின்றது. இருவகைப் பண்பேற்றங்கள் கையாளப்படுகின்றன. அவை வீச்சுப் பண்பேற்றம் (amplitude modulation) (AM), அதிர்வெண் பண்பேற்றம் (frequency modulation) (FM) எனப்படும். இவற்றுள் முதலாவது பெரும்பான்மையான இடங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. ஏனெனில், இதில் உள்ளடங்கியுள்ள நுட்பங்கள் எளியவை; மேலும், இதற்குப் பரந்த வாய்ப்பெல்லை (scope) இருக்கின்றது. பிந்தியதன் நுணுக்கங்கள் மிகவும் சிக்கலானவையானாலும் சில தனி வேலைகளுக்கு மிகவும் பயனுடையன. நாம், முதல்வகையைச் சற்று விரிவாகவும், இரண்டாவதன் சிறப்பான பண்புகளை மட்டிலும் சுருக்கமாகவும் பார்ப்போம்.

வீச்சுப் பண்பேற்றம் (Amplitude modulation): இது, ஊர்தி அலையின் வீச்சைப் பரப்பப்படும் செய்திக் கேற்ப அ-து., செய்தியின் செவியுறு (அல்லது வீடியோ) அலைவெண்ணிற்கேற்ப மாற்றும் முறையாகும். பண்பேற்றும் சைகையின் லயத்திற்கேற்ப (rhythm) ஊர்தியின் வீச்சுமுகம் (amplitude envelope) மாற்றப்படுகிறதே அன்றி அதன் அதிர்வெண் மாறுவதில்லை. பண்பேற்றத்திற்குப் பின்னரும் கண்டுபகுத்தலுக்கு முன்னரும் செய்திக்கிசைந்த தாழ் அதிர்வெண் மின்னோட்டங்கள் இருப்பதில்லை என்பதையும், அவை ஊர்தியின் வீச்சில் ஏற்படும் மாறுதல்களாலேயே குறிக்கப்படுகின்றன என்பதையும் கவனிக்க வேண்டும். பண்பேற்றிய ஊர்திகளை ரேடியோ-அலைவெண் அலையானதால் பண்பேற்றத்திற்குப் பின்னரும் கண்டுபகுத்தலுக்கு முன்னரும் மேற்கொள்ளும் எல்லா நடவடிக்கைகளுக்கும் இதற்கிசைந்த சுற்றுகளைக் கையாளவேண்டும். இது எவ்வாறிருப்பினும் பண்பேற்றிய ஊர்தியின் (modulated carrier) தாழ் அதிர்வெண் வீச்சுமுகம் அதன் முக்கியமான பகுதியாகும். மூலச் செய்தியினை அப்படியே மீட்டுருவாக்கவேண்டுமானால் இதனைத் திரிபடையாமல் பாதுகாக்க வேண்டும்.

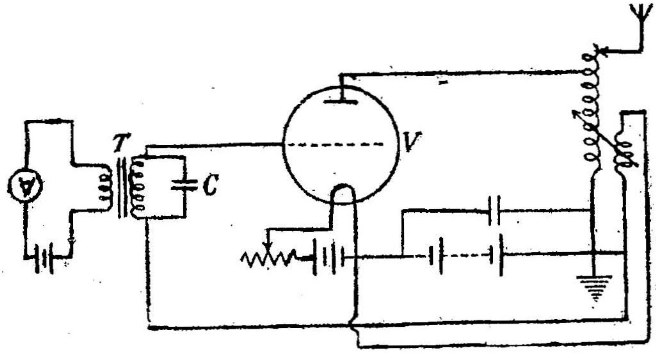
வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில் உள்ளிட்டுள்ள அடிப்படைத் தத்துவத்தைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம். மின்குழாய் மின்னாக்கியில் (valve generator) அலைவுறும் மின்னோட்டத்தின் வீச்சு (amplitude) கீழ்க்கண்ட காரணிகளைப் பொறுத்திருக்கிறது: அவையாவன : நேர்மின்வாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் உயர் அழுத்த மின்னழுத்தம், இடைவாயின் நிலையான மின்னழுத்தம், புறவாய்ச் சுற்றில் உள்ள மின் தடுப்பிற்கும் உள் தடைக்கும் உள்ள தொடர்பு. எனவே, இக்காரணிகளில் ஏதேனுமொன்றை மாற்றினால் அலைவுறும் மின்னோட்டத்தின் வீச்சில் ஒரு மாறுதல் உண்டாகிறது. இம்மாற்றத்தில் ஒரு சைகை அல்லது பேச்சிற்கு இசைந்த வீச்சினையுடைய ஒரு செவியுறு அதிர்வெண் இருந்தால் உயர் அதிர்வெண் (H.F.) அலைவுகள் அதே வகையில் வீச்சுப் பண்பேற்றம் பெறும். அதனால், செவியுறு அதிர்வெண்களில் மாறுகின்ற வீச்சினையுடைய அலை உருவம் கதிர்வீசப்படும். அலைவுகளின் வீச்சினை மாற்றக்கூடிய மேற்கூறிய மூன்று காரணிகளும் மூவகையான பண்பேற்றங்களைக் கொடுக்கின்றன. அவையாவன : நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றம் (anode modulation), இடைவாய்ப் பண்பேற்றம் (grid modulation), உட்கவர்தலால் பண்பேற்றம் (modulation by absorption).

வீச்சுப் பண்பேற்ற முறைகள் : நடைமுறையில் உயர் அதிர்வெண் அலைக்குப் பண்பேற்றும் எளிய முறை ரேடியோத் தந்தியில் ஒரு மோர்ஸ் சாவியையோ (Morse key) அல்லது ரேடியோத் தொலைபேசியில் உயர் அலைவெண் ஏரியல் சுற்றில் ஒரு மைக்ரோஃபோனையோ பயன்படுத்துவதே ஆகும். சைகை காட்டும் சாவியினால் (signalling key) அல்லது மைக்ரோஃபோனில் பேசுவதால் உண்டாகும் மின்னோட்ட மாறுதல்கள் சுற்றிலுள்ள ஊர்தி அலையைப் பாதிக்கின்றன. இதனால், ஏரியலிலிருந்து பண்பேற்றிய அலை கதிர்வீசப்படும். எனவே, தற்காலத்திய பரப்பிகளில் கீழ்க்கண்ட இரு முதன்மையான முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன :

(அ) **இடைவாய்ப் பண்பேற்றம் :** இது ஒரு கூடுதல் விளைவை உண்டுபண்ணும் கலக்கும் முறை. இங்கே பரப்பப்படவேண்டிய செய்தியின் மின் மாறுதல்கள் உயர் அதிர்வெண் (H.F.) அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் மின்குழாயின் இடைவாயில் பதியச் செய்யப்படுகின்றன.

இடைவாய்ப் பண்பேற்றத்திற்கான சுற்றுப் படம் 62 ஆம் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

M என்பது ஒரு மைக்ரோஃபோன். இது பேச்சு அல்லது இசைபோன்ற செய்திகளுக்கு இசைந்த மின் அலைவுகளை உண்டாக்கும் ஒரு சாதனம். பலவகையான மைக்ரோஃபோன்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள் கரி மைக்ரோஃபோன் (car-



படம் 62. இடைவாய்ப் பண்பேற்றும் சுற்று

bon microphone) மிகவும் வழக்கத்திலுள்ளது. ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் இரு கரித்துண்டுகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தம் உயர்ந்தால் மின்தடையானது அழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் மாறுகிறது. இந்தப் பண்பு கரி மைக்ரோஃபோனில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது மிகப்பல கரி மணிகளை (carbon granules) உடைய ஒரு சிறிய பெட்டியினுல் ஆனது. பெட்டியின் பின்புறம் திடப்பொருளாக இருக்கிறது. ஆனுல், அதன் முன்புறம் விளிம்புகளில் இறுகப் பற்றுவிக்கப்பட்ட (clamped) ஒரு மெல்லிய இடைத்திரையை (diaphragm) உடையது. கரி மணிகளின் ஊடே மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்படுகிறது. பேச்சு அல்லது இசையினுல் உண்டாகும் ஒலி அலைகள் ஒரு கூம்பு வடிவ வாயின் வழியாக இடைத்திரையின்மீது மோதும்படி செய்யப்படுகின்றன. இதனுல் பெட்டிக்குள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக்கொண்டிருக்கும் கரி மணிகளின் மீதுள்ள அழுத்தத்தில் மிகச்சிறு மாறுதல்கள் உண்டாகின்றன. இது மணிகள் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தில் மாறுதல்களைத் தோற்றுவிக்கிறது. இம் மாறுதல்கள் இடைத்திரை பெறுகின்ற அதிர்வுகளைப் பொறுத்திருக்கும்.

அலைவெண்ணின் பரந்த வீச்சிற்கு ஒரே சீரான எதிரளிப்பினைப் (response) பெறுவதற்கான தேவையினுல் வேறுவகை மைக்ரோபோன்கள் உருவாகின. செம்மைப்படுத்தப்பட்ட கரி மைக்ரோஃபோன் பல சதுர அங்குலங்கள் பரப்புடைய ஒரு பெரிய இடைத்திரையினை உடையது. இதன் பின்னுல் கரி மணிகளால் ஆன ஒரு மிக மெல்லிய படலம் உள்ளது. இழுத்து வைக்கப்பட்ட மெல்லிய

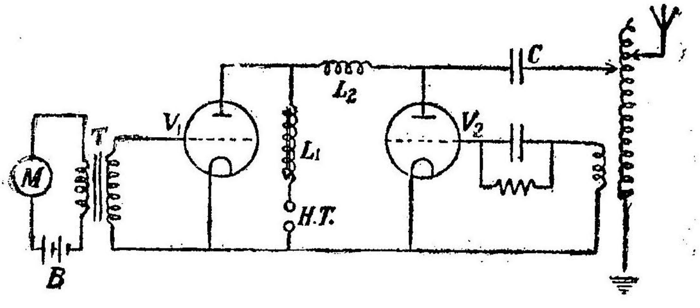
இடைத்திரை ஒன்றற்கும் பின் தகடு ஒன்றற்குமிடையேயுள்ள மின் தேக்குதிறனில் ஏற்படும் மாறுதல்களைக் கையாண்டும் மைக்ரோஃபோன்கள் செய்யப்படுகின்றன. அவை மின்தேக்கி மைக்ரோஃபோன்கள் (condenser microphones) எனப்படும். இவை மிகவும் நம்பத்தக்கவை; ஆனால், உணர்திறம் குன்றியவை (insensitive). ரிப்பன் மைக்ரோஃபோன் (ribbon microphone) டியூரலுமின் தாள் ரேக்கினாலானது. இந்த ரேக்கு வலுவுடன் இருப்பதற்காக நெளிநெளியாக வளைக்கப்பட்டிருக்கும் (corrugated) இந்த ரேக்கு ஒரு காந்தத்தின் இரு முனைகட்கிடையே இழுத்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒலி அலைகளால் ரிப்பன் காந்தப்புலத்தில் நகரும்போது அதில் மின்னோட்டங்கள் தூண்டப்படுகின்றன. இம் மின்னோட்டங்கள் பிறகு வழக்கமான முறையில் பெருக்கப் படுகின்றன. இவ்வகையானது மின்தேக்கி வகையைவிட மிகுந்த உணர்திறம் மிக்கது. பெரும்பான்மையான ரிப்பன் மைக்ரோஃபோன்கள் காற்றுத் துகள்களின் வேகத்திற்கே பெரிதும் எதிரளிக்கின்றனவே யல்லாமல் ஒலி அழுத்தத்திற்கு அவ்வளவு எதிரளிப்பதில்லை. எனவே, இவை திசைவேக மைக்ரோஃபோன்கள் (velocity microphones) எனப்படுகின்றன. இவை மிக உயரிய அதிர்வெண் சிறப்புப் பண்புகளைப் பெறுமாறு செய்யலாம். பல வகை மைக்ரோஃபோன்கள் ஒரு காந்தப்புலத்தில் நகரும் ஒரு கடத்தியில் மின்னழுத்தம் தூண்டப்படுவதன் அடிப்படையில் அமைந்தவை. அவை இயக்க மைக்ரோஃபோன்கள் (dynamic microphones) அல்லது நகரும் சுருள் மைக்ரோஃபோன்கள் (moving coil microphones) எனப்படும். ஓர் இடைத்திரையுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ள ஒரு சிறிய சுருள் ஒலி அலைகள் மோதலினால் இடைத்திரை அதிர்வுறும்போது ஓர் ஆரவகைக் காந்தப்புலத்தில் (radial magnetic field) முன்னும் பின்னுமாக நகரும்படி அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதனால் வெளிப்பாட்டு மின்னழுத்தம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. நகரும் பகுதியினைக் கவனமாக அமைப்பதாலும் காற்றுக்கலம் ஒத்ததிர்வினைப் (air-chamber resonance) பயன்படுத்திக் கொள்வதாலும் 40-லிருந்து 40,000 சைக்கிள்கள் வரைக்கும் கிட்டத்தட்ட ஓரே சீரான எதிரளிப்பினைப் பெற முடியும். மைக்ரோஃபோனின் புறவாய் மின்தடுப்பு மிகக் குறைவு. இதனால் இதனை உயர்ந்த அகவாய் மின் எதிர்ப்புடைய மின்குழாயின் இடைவாயுடன் பிணைப்பதற்கு ஒரு மின்மாற்றி தேவைப்படுகிறது. மேடைப்பேச்சு அமைப்புகளுக்குப் (public address system) பெரிதும் பயன்படும் மற்றொரு வகை படிக மைக்ரோஃபோன் (crystal microphone) ஆகும். இது குவார்ட்ஸ் (quartz) ரோஷெல் உப்பு (Rochelle salt) போன்ற சில குறிப்பிட்ட படிகங்கள் பெற்றுள்ள அழுத்த-மின் விளைவினைச் (pieoze-

electric effect) சார்ந்த செயல்வகையையுடையது. படிகத்தின் மீது சரியான திசையில் அழுத்தம் (pressure) அளிக்கும்போது படிகத்தின் எதிர்ப்பக்கங்களுக்கிடையே மின்னழுத்தங்கள் உண்டாகின்றன எனும் உண்மையையே விம்மல் மின்னழுத்த விளைவு குறிக்கிறது. இருவகைப் படிக மைக்ரோஃபோன்கள் வழக்கிலுள்ளன. அவையாவன: ஒலி-மின்கல (sound-cell type) வகை, இடைத்திரை வகை (diaphragm type). ஒலி-மின்கல வகை மைக்ரோஃபோன் சிறிய அழுத்த-மின்விளைவுப் படிகங்களின் தொகுதிகளை உடையது. இச் சிறு படிகங்களின் மின்னழுத்தங்கள் தொடர்நிலையில் அமையுறுமாறு அவை இணைக்கப்பட்டுள்ளன. படிகங்களின்மீது ஒலி பட்டு அவற்றை நேரடியாக அதிர்வுறச் செய்கின்றன. மின்வெளிப்பாடு (electrical output) மிகக் குறைவு. ஆனால், உயரிய அதிர்வெண் வீச்சும் எதிரளிப்புச் சீராக இருத்தலும் இதன் சிறப்பு. இடைத்திரை வகையில் ஓர் உலோக இடைத்திரை ஒரு தனிக் கூட்டுப் படிகத்துடன் எந்திர முறையில் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால் இடைத்திரையின் அதிர்வு படிகத்தை முறுக்குகின்றது (twists). எனவே, முனைகளில் (terminals) மின்னழுத்தம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இவ்வகையானது ஒலி-மின்கலத்தைக் காட்டிலும் மிக உயர்ந்த வெளிப்பாட்டினை உடையது ; ஆனால், அதிர்வெண் எதிரளிப்பு (frequency response) இடைத்திரையின் சடத்துவத்தாலும் (inertia) விறைப்பினாலும் (stiffness) ஒரு வரம்பிற்குட்பட்டுள்ளது; இது இடைத்திரையில் நிகழும் ஒத்ததிர்வுகளால் அழிக்கப்பட்டுவிடலாம்.

மைக்ரோஃபோன் M ஆனது ஒரு தகுந்த மின்மாற்றி T-யின் வழியாக உயர் அதிர்வெண் அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் ஒரு மின்குழாய் அலைப்பானின் (valve oscillator) இடைவாய்ச் சுற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின்னேற்பி C ஆனது உயர் அதிர்வெண்களைக் கிளைவழிச் செலுத்துவதற்காக (by-pass) மின்மாற்றியின் துணைச்சுருளுக்குக் குறுக்கே இணைக்கப்படுகிறது. முட்டுநிலைக்கு (cut-off) அதிகமான நிலைத்த இடைவாய் மின்னழுத்தம் கொடுத்து மின்குழாய் C வகை நிலைகளில் (class C conditions) செயற்படும்படி செய்யப்படுகின்றது. பண்பேற்ற அலைவெண் மின்னழுத்தம் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின்மீது பதியச் செய்யப்படுகிறது. விளைபயனான தகட்டு மின்னோட்டத் துடிப்புகள் பண்பேற்ற அதிர்வெண்களில் உயர்ந்து தாழ்கின்றன. அதனால், நேர்மின்வாயில் உருவாகும் மின்னழுத்தமும் அதே மாதிரியாக மாறுகின்றது. வேலை செய்யும் நிலைகளைச் சரிசெய்வது மிகவும் இடரானது. C வகைப் பெருக்கியாக வேலை செய்யும்போது உயர்ந்த பயனுறு திறனும், ஆற்றல் வெளிப்பாடும்

பெறுவதற்கு இடைவாய் மின்னழுத்தத்தின் சராசரி மதிப்புப் பெரிதாகவும், ரேடியோ அதிர்வெண் உள்ளீடு மின்குழாயில் இடைவாய் மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சப் போதுமானதாகவும் இருக்கவேண்டும். எனினும், இடைவாய் மின்னோட்டம் பாய்வதால் செவியுறு அதிர்வெண் தோற்றுவாயில் சுமையேற்றுகின்றது. பண்பேற்ற உச்சங்கள் (modulation peaks) தட்டையாகாமல் தடுப்பதற்குச் செவியுறு அதிர்வெண் ஆக்கி மிகக் குறைந்த வெளிப்பாட்டினைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(ஆ) நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றம் (Anode modulation): இது 1920-ல் ஹைஸிங் (Heising) என்பவரால் அமைக்கப்பட்டது. இது தற்காலத்தியப் பரப்பிகளில் சாதாரணமாகப் பயன்படுகிறது. இது மின் நிலைமச் சுருள் கட்டுப்படுத்தும் பண்பேற்றம் (choke controlled modulation) எனப்படும். இதில் உயர் அதிர்வெண் அலைப்பான் மின்குழாய்க்கு மேலே அதிகப்படியாக ஓர் இரண்டாவது மின்குழாய் கையாளப்படுகின்றது. இந்த இரண்டாவது மின்குழாய் ‘பண்பேற்றும் மின்குழாய்’ (modulating



படம் 63. மின் பொருண்மைச் சுருள் கட்டுப்படுத்தும் நேர்மின்வாய்ப் பண்பேற்றம்

valve) அல்லது ‘கட்டுப்படுத்தும் மின்குழாய்’ (control valve) எனப்படும். அடிப்படைச் சுற்று, படம் 63-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

M-என்பது மைக்ரோஃபோன். இது மின்மாற்றி T-யின் முதற்சுருள், மின்கல அடுக்கு B ஆகியவற்றுடன் தொடர்நிலையில் இருக்கிறது. இந்த மின்மாற்றியின் துணைச்சுருள் பண்பேற்றும் மின்குழாய் V_1-ன் இடைவாய்-இழைச்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இம் மின்குழாய் சிறப்பாக ஒரு செவியுறு அலைவெண் திறன்பெருக்கி (A.F. power amplifier) ஆகும். உயர் மின்னழுத்தம் வழங்கி (H.T. supply) பண்பேற்றும் மின்குழாய்

V_1, அலைப்பான் மின்குழாய் V_2 ஆகிய இரண்டிற்கும் நேர்மின் வாய் மின்னழுத்தங்களைக் கொடுக்கிறது. இவ் விரண்டினது தகடு களும் இணைநிலையில் (parallel) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. L_1 என்பது பெரிய, இரும்பு உள்ளக, செவியுறு அதிர்வெண் மின் நிலைம மாகும். இது பண்பேற்றும் மின்பொருண்மைச் சுருள் (modulating choke) எனப்படும். இது இரு மின்குழாய்கட்கும் பொதுவான உயர்மின்னழுத்தம் வழங்கும் இணைப்புக் காலில் (lead) சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இது அலைவுறும் உயர் அலைவெண் மின்னோட்டத்தினை உயர்அழுத்த மின்கல அடுப்பின் ஊடே பாயாமல் தடுக்கிறது. இது உயர் மின்னழுத்தத்தின் ஒருதிசை மின்னோட்டம் மாறாமல் நிலைநிறுத்துகின்றது. செவியுறு பண் பேற்றங்களை V_1-லிருந்து V_2-க்கு அனுப்புவதற்கு இம் மின்னோட் டம் மாறாமல் இருக்கவேண்டும். மேலும் இது V_1-னுடைய புற வாய் மின்தடுப்பாகவும் தொழிற்படுகின்றது. L_2 என்பது ஒரு காற்று உள்ளக உயர் அலைவெண் மின்பொருண்மைச் சுருள். இது உயர் அலைவெண் அலைவுகளை V_2-விற்கும் அதன் சுற்றுக்கும் உள்ளடங்கியிருக்குமாறு செய்கிறது. அ-து, உயர் அலைவெண் மின்னோட்டங்கள் V_1 வழியாகக் குறுக்குப் பாய்ச்சலில் செல்லா மல் தடுக்கிறது. அதே நேரத்தில் V_1-லிருந்து வரும் செவியுறு அலைவெண் துடிப்புகளைத் தடையில்லாமல் செல்ல அனுமதிக்கிறது. C என்பது முடக்கும் மின்னேற்பி (blocking condenser). இது உயர் மின்னழுத்தம் வான்கம்பிக்குச் செலுத்தப்படாமல் தடுக் கிறது.

செவியுறு அலைவெண் பேச்சு அலைகள் V_1-ன் இடைவாய் மின்னழுத்தத்தில் மாறுதல்களை விளைவிக்கின்றன. இவை இவற் றிற்கிசைந்த மாறுதல்களை V_1-ன் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் செய்கின்றன. இந்த மாறுமின்னோட்டம் (varying current) மின் பொருண்மைச்சுருள் L_2 வழியாகப் பாய்கிறது. அதனால் L_2-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தமும் பேச்சு அலைகளுக்கேற்ப மாறு கிறது. இந்த மாறு மின்னழுத்தம் V_2-ன் நேர்மின்வாய் மீதுள்ள அழுத்தமாகும். அதனால், V_2-ல் உண்டாக்கப்படும் உயர் அலை வெண் ஊர்தி அலையின் வீச்சு, மூலப் பேச்சு அலைகளுக்கேற்ப மாறுகிறது. இந்தச் செய்ம்முறையில் திரிபில்லாமல் தடுப்பதற்குச் சில முன்னெச்சரிக்கைகள் தேவை. திறன்பெருக்கி, திரிபில்லாத பெரும வெளிப்பாட்டினைக் கொடுப்பதற்கு அதன் புறவாய் மின்தடுப்பு உள்தடையைப்போல் இருமடங்கிருக்க வேண்டு மெனப் பார்த்தோம். எனவே, அலைப்பானின் இருதிசை மின் னோட்டத் தடை பண்பேற்றுவதன் உள்தடையைக் காட்டிலும் இருமடங்கிருக்க வேண்டும். மேலும், மின்பொருண்மைச் சுருள்

L_1-ன் மின்தடுப்பு தேவைப்படும். மிகக் குறைந்த செவியுறு அலை வெண்ணில் அலைப்பானின் இருதிசை மின்னோட்டத் தடையினை விடக் குறிப்பிடத்தக்க அளவு பெரிதாக இருக்க வேண்டும். நேர் மின்வாய் மின்னழுத்த மாறுதல்கள் தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவு களின் அலைவெண்ணை இலேசாக மாற்றுகிறது. எனவே, ஒரு தலைமை அலைப்பானைப் (master cscillator) (கீழே பார்க்க) பயன் படுத்துவதும் பண்பேற்றத்தைப் பெருக்கும் நிலைகளில் (amplifying stages) ஒன்றில் தொழிற்படுத்துவதும் வழக்கம். ஆனால், தத்து வம் ஒன்றே.

வீச்சுப் பண்பேற்றம் வழக்கமான ஒலி பரப்புதல் தொலைக் காட்சி ராடார் போன்ற பல துறைகளில் பயன்படுத்தப் பெறு கிறது.

அலைவெண் பண்பேற்றம் : இது, பரப்பப்படவேண்டிய செய்திக்கேற்ப ஊர்தியின் அலைவெண்ணை மாற்றும் முறையாகும். இதில் ஊர்தியின் வீச்சு மாறாமல் இருக்கிறது. இந்த வகைப் பண்பேற்றத்தில் அலைவெண் தொடர்ந்து மாறிக்கொண்டே யிருப்பதால் உண்டாகின்ற விளைவு பண்பேற்றக் குறியெண் (modulation index) எனப்படும் ஓர் அளவினால் சிறந்த முறை யில் நிச்சயிக்கப்படுகிறது. பண்பேற்றக் குறியெண் என்பது அலைவெண்ணில் ஏற்படும் விலக்கத்தைப் பண்பேற்றும் அலையின் அலைவெண்ணால் வகுக்கக் கிடைப்பது என வரையறுக்கப்படு கிறது. இங்கே செவியுறு அலைகளும், ஊர்தி அலைகளும் நெடுக்கை அலைகளாக (sine waves) இருக்கவேண்டும். அலைவெண் விலக்கம் (frequency deviation) என்பது பண்பேறிய அலையின் ஒரு கணத் திலுள்ள அலைவெண்ணிற்கும் ஊர்தி அலைவெண்ணிற்குமுள்ள உச்ச (யாவினும் பெரிய) வேறுபாடு. பண்பேற்றக் குறியெண் சைகையின் மட்டத்திற்கு (signal level) நேர்விகிதத்தில் மாறுகிறது. அ-து., மைக் மீது படும் ஒலியின் உரப்பினால் (loudness) நிச்ச யிக்கப்படும் செவியுறு அலைவெண் மின்னழுத்தத்துடன் மாறுபடு கிறது ; எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட சைகை மட்டத்திற்கும் பண் பேற்றக்குறியெண் செவியுறு அலைவெண்ணிற்கு எதிர்விகிதத்தில் மாறுகிறது. அலைவெண் பண்பேற்றும் முறையில் ஊர்தி அலை மாற்றி மாற்றி நெருக்கவும் நீட்டவும்படுகின்றது. அதனால் ஒவ்வொரு சுழற்சியின் உருவமும் இதற்கு மேலும் நெடுக்கை அலையாக இருப்பதில்லை. ஆனால், மாறாமல் இருக்கும் போதுள்ளதைக் காட்டிலும் மெலிந்தும் பெருத்தும் காணப்படும் என்பதனைக் கவனிக்கலாம். பண்பேற்ற அளவில் உயர்வு (increase in the amount of modulation) என்றால் ஒரு பரப்பும்

நிலையத்திற்கு ஒதுக்கப்பட்டிருக்கும் அலைவெண்ணைவிட (பண்பேற்றமில்லாதபோது) அதிகமான அலைவெண்களுக்கும் பரந்துள்ளது எனப் பொருள்படும். இச் செயல்முறை அளவுக்கு மீறிப் போனால் இவ்வாறு பண்பேற்றப்படும் நிலையம் மற்ற நிலையங்களுக்கு ஒதுக்கப்பட்டிருக்கும் அலைவெண் வீச்சுக்குள் வரம்பு கடந்து சென்று குறுக்கிடும். எனவே, அலைவெண் வீச்சுச் சட்டத்தினால் வரம்பு கட்டப்பட்டுள்ளது. அலைவெண் பண்பேற்றப் பரப்பலுக்கு இந்த எல்லை 200 கிலோ சுழற்சிகள் ஆகும். இந்த அலைவரிசை ஓரளவு அகன்றிருப்பதால் எல்லா நிலையங்களுக்கும் இடம் கண்டு கொடுப்பதற்காக ஊர்தி அலைகளுக்கான அலைவெண் வீச்சு 88-லிருந்து 108 மெகா சுழற்சிகள்வரை ஒதுக்கப்படுகிறது.

தரமான பரப்பும் அலைவரிசையில் வீச்சுப் பண்பேற்ற அமைப்புமரபில் அங்கீகரிக்கப்படுவதைவிட அகன்ற வீச்சினையுடைய செவியுறு அலைவெண்களை அனுப்பும் சாதனமாக அலைவெண் பண்பேற்றம் அமைக்கப்பட்டது. இதன் சிறப்பான தகுதி இரைச்சலைப் (noise) பெருமளவில் குறைப்பதே. ரேடியோப் பெட்டியின் வெளிப்பாட்டிலுள்ள இரைச்சல் என்பது மைக்ரோஃபோனிலில்லாத வேறு எந்த ஒலியும் ஆகும் என மேம்போக்காக வரையறை செய்யலாம். வான்-இடை ஓசைகள் (atmospherics), மின்னல் (lightning), காந்தப் புயல்கள் (magnetic storms), குறுக்கிடும் நிலையங்கள், ரேடியோப் பெட்டிக்குள்ளேயே உள்ள சுற்றின் ஆக்கக் கூறுகளில் (circuit component) இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களால் உண்டாகும் இரைச்சல் போன்ற பல காரணங்களால் இரைச்சல் உண்டாகிறது. இந்த இடையூறுகள் ரேடியோச் சைகைகளைப் போன்ற தன்மை வாய்ந்தவை; எல்லா ரேடியோ அலைவெண்களிலும் தோன்றுகின்றன; இவற்றை இசைவித்தலால் (tuning) வெளியேற்ற முடியாது. இரைச்சலின் விளைவைப் போக்குவதற்கு, ரேடியோப் பெட்டியால் விரும்பும் சைகையை இரைச்சலிலிருந்து பிரித்தெடுக்க இயல வேண்டும். இந்த விளைவினை உண்டாக்குவதற்குத் தகுந்தவையென எண்ணப்படும் சில முறைகளாவன: பரப்பியில் உயர்ந்த ஆற்றலைப் பயன்படுத்துதல், பண்பேற்றத்தை அதிகரித்தல், ஏற்பியில் பொறுக்கும் சுற்றுகளைக் கையாளுதல், திசைப்பண்புடைய வான்கம்பி அமைப்புகளைப் பயன்படுத்துதல். இவற்றுள் ஒவ்வொரு முறையிலும் சில குறிப்பிட்ட குறைபாடுகளுள்ளன. வீச்சுப் பண்பேற்ற அமைப்பில், குறுக்கிடும் சைகை அல்லது இரைச்சல் நாம் விரும்பும் சைகையுடன் இணைந்து கூடுதல் விளைவை உண்டாக்குகிறது. வெளிப்பாட்டில் இதன் விளை

வாகக் கடுமையான குறுக்கீடு நிகழ்கிறது. வேண்டாத சைகை யானது விரும்பும் சைகையில் நூற்றில் ஒரு பங்கிருந்தாலும் இவ் விளைவு உண்டாகும். இதற்கு மாருக அலைவெண் பண்பேற்ற அமைப்பில் இரைச்சலையும் விரும்பும் சைகையையும் சேர்க்கும் போது முற்றிலும் மாறுபட்ட விளைவு உண்டாகும். இரு சைகை கள் சேர்க்கப்படும்போது விரும்பும் சைகையின் பண்பேற்றக் குறி யெண் குறிப்பிடத்தக்க அளவு பெரிதாகவும் வேண்டாத சைகை விரும்பும் சைகையின் வீச்சில் பாதிக்கும் குறைவானதாகவும் இருக்குமாளுல் அவற்றின் கூட்டுத்தொகையானது பெரிய அல்லது விரும்பும் சைகையையே அநேகமாக முழுதும் சார்ந்திருக்கும். இது கொள்கையும், நடைமுறையும் நிறுவியுள்ளதுபோல வீச்சுப் பண்பேற்றத்தினைக் காட்டிலும் மேம்பட்டதாகும். இவ் வாறு ரேடியோ அமைப்பின் சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் உள்ள விகிதத்தை மேம்படச் செய்யும் முறைகள் கவர்தல் விளைவுகள் (capture effect) எனப்படும்.

வழக்கத்திலுள்ள அலைவெண் பண்பேற்றத்தின் இருமுறை களாவன : (1) ஆர்ம்ஸ்ட்ராங் அமைப்பு (Armstrong system), (2) கிராஸ்பி அமைப்பு (Crosby system) அல்லது மின் எதிர்ப்புக் குழாய் அமைப்பு (reactance-tube system). இவற்றின் செயல் நுணுக்கங்கள் மிகவும் சிக்கலானவை ; நம் எல்லைக் கப்பாற் பட்டவை.

பக்க அலைவரிசைகள் (Sidebands) : பண்பேற்றத்திளுல் பக்க அலைவரிசைகள் எனப்படும் முக்கியமான விளைவு உண்டாகிறது. செய்தியை அனுப்புவதற்காக வேண்டி ஊர்தியைப் பண்பேற்றும் போது ஊர்தியின் அலைவெண்ணிற்கு உயர்வான, தாழ்ந்த அலை வெண்கள் உண்டாகின்றன. அ-து., விளைபயன் (resultant) பண் பேறிய அலையின் அலைவெண்ணில் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இம் மாறுதல் ஊர்தி அலைவெண்ணிற்கு இரு பக்கத்திலும் ஒரு குறிப் பிட்ட வீச்சில் பரவியிருக்கும். அலைவெண் மாறுதலின் பரவல் மொத்தமாகப் பக்க அலைவரிசைகள் எனப்படுகின்றன. இந்தப் பக்க அலைவரிசைகள் ஊர்தியின் மேலும் கீழும் முற்றிலும் ஒத் திருக்கும். இவற்றின் அலைவெண் பண்பேற்றும் சைகையின் ஒவ் வொரு கூறின் அலைவெண் மற்றும் ஊர்தி அலைவெண் ஆகிய வற்றின் கூடுதலுக்கும், வேறுபாட்டிற்கும் இசைந்திருக்கும். இவை செய்தியின் விவரங்கள் முழுவதையும் பெற்றிருக்கின்றன. இவையில்லாமல் செய்தி அனுப்ப முடியாது.

இத்தகைய பக்க அலைவரிசையினை வீச்சுப் பண்பேற்றத்தைக் காட்டிலும் அலைவெண் பண்பேற்றத்தில் நன்ருகப் புரிந்து கொள்ள முடியும். எனவே, வீச்சுப் பண்பேற்றத்தை மட்டிலும்

எடுத்துக்கொண்டால் வீச்சுப் பண்பேற்றும்போது ஊர்தியானது ஒரு நிலைத்த அச்சின் (fixed axis) மேலும் கீழும் ஊசலாடுகிறது. சராசரி வீச்சு (amplitude) மாறுவதில்லை. காட்டாக, ஒரு கிலோ சுழற்சியினுல் பண்பேற்றப்படும் 1000 கிலோ சுழற்சி ஊர்தி ஒரு மாருத சராசரி வீச்சினைப் பெற்றிருக்கும்; ஆனுல், அது 1 கிலோ சுழற்சி வீதத்தில் ஊசலாடும். பண்பேற்றத்தின் போது கூடுதலான திறன் பரப்பப்படுகிறது. இது 1001, 999 கிலோ சுழற்சி அலைவெண்கள் உடைய புதிய பக்க அலைவரிசை களில் உள்ளடங்கிய செய்தியைக் குறிக்கிறது. 1 கிலோ சுழற்சி 2 கிலோ சுழற்சி உடைய இரண்டு பண்பேற்றும் அலைவெண் களைப் பயன்படுத்தும்போது பக்க அலைவரிசைகள் 1002, 1001, 999, 998 ஆகும். வீச்சுப் பண்பேற்றிய சைகை அடைக்கின்ற மொத்த அலைவரிசையின் அகலம் பண்பேற்ற அலைவெண்ணின் மிக உயர்ந்த மதிப்பைக் காட்டிலும் இருமடங்காகும். காட்டாக, மேலே பார்த்த எடுத்துக்காட்டில் இவை 2 கிலோ சுழற்சி களும் 4 கிலோ சுழற்சிகளும் ஆகும். எல்லாப் பக்க அலைவரிசை களின் மின்னேட்ட அல்லது மின்னழுத்த விச்சுகளின் கூட்டுத் தொகை ஊர்தியின் வீச்சை விஞ்ச முடியாது. காட்டாக, ஊர்தி ஒரு தனி நெடுக்கை அலையினுல் (sine wave) முழுமையாகப் பண் பேற்றப்பட்டால், மேல், கீழ்ப் பக்க அலைவரிசைகளின் வீச்சு ஊர்தியின் வீச்சில் பாதியிருக்கும்; திறனுனது மின்னேட்ட அல்லது மின்னழுத்த வீச்சின் இருபடிக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கு மாதலால் ஒவ்வொரு பக்க அலைவரிசையிலும் உள்ள திறன் (power) ஊர்தியின் திறனில் நான்கில் ஒரு பங்கிருக்கும். இவ் வாறு, இருபக்க அலைவரிசைகளின் மொத்தத் திறன் ஊர்தியின் திறனில் பாதியிருக்கும். சமமான இரு நெடுக்கை அலைகளைப் பண்பேற்றுவதற்குப் பயன்படுத்தினுல், நான்கு பக்க அலைவரிசை களில் ஒவ்வொன்றினுடைய வீச்சும் ஊர்தியின் வீச்சில் கால் பகுதியிருக்கும்; ஒவ்வொன்றின் திறனும் ஊர்தியின் திறனில் பதினுறில் ஒரு பகுதியும், பக்க அலைவரிசைகளின் மொத்தத் திறன் ஊர்தியின் திறனில் கால்பகுதியு மிருக்கும்.

பக்க அலைவரிசைகளைப் பரப்புதல்: மேல், கீழ்ப் பக்க அலை வரிசைகள் இரண்டும் முற்ருெத்தவை யானதால் அவற்றுள் ஒன்றை விலக்கிவிட்டு மற்றதை அப்படியே வைத்துக்கொண்டால் அப்போதும் செய்தி முழுவதையும் பரப்ப முடியும். இந்த உண் மையினுல் கீழ்க்கண்ட பரப்பும் வகைகளைச் சில தனிவேலைகளுக்குச் சிறப்பாகக் கையாள முடிகின்றது.

ஒற்றைப் பக்க அலைவரிசை பரப்புதல் (Single sideband transmission): ஊர்தியினைப் பண்பேற்றிய பிறகு ஒரு பக்க அலைவரிசை முழுவதும் நீக்கப்பட்டு அலைவரிசை அகலத்தின் ஒரு பாதிமட்டு முடைய பண்பேற்றிய அலை பரப்பப்படுகிறது. கடலிடை ரேடியோத் தொலைபேசி (transoceanic radio telephony) போன்ற சில ரேடியோத் துறைகளில் அமைப்பினது பயனுறுதிறனை மேம் படுத்துவதற்காக இவ்வகை பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில், இது பரப்பும் பயனுறுதிறனை (transmission efficiency) அதிகப் படுத்துவதோடல்லாமல் பக்க அலை வரிசைகளுக்கு இடம் கொடுப் பதற்குத் தேவையான அலைவெண் பரவலைக் (frequency spread) குறைக்கின்றது. எனினும், இது ஓரளவிற்குத் திரிபிற்கு (distorsion) உள்ளாகும்.

எச்சத் தடமான பக்க அலைவரிசை பரப்புதல் (Vestigial sideband transmission) : இங்கே ஊர்தியின் அலைவெண்ணிற்கு மேலுள்ள அலைவெண்களில் உள்ள பக்க அலைவரிசைகளின் ஒரு தொகுதி முழுவதும் ஊர்திக்குக் கீழுள்ள மற்றொரு தொகுதியின் ஒரு பகுதி யும் அ-து., ஊர்திக்கு நெருக்கமாக உள்ளவை பரப்பப்படுகின்றன. இது பண்பேற்றத்திற்குப் பிறகும் பரப்புதலுக்கு முன்னரும் கீழ்த் தொகுதியின் உயர்அலைவெண் கூறுகள் ஒதுக்கப்படுகின்றன (suppressed) எனப் பொருள்படும். நடைமுறையில் கடுமையான திரிபில்லாமல் இதனைச் செய்யமுடியும். ஏனெனில், பெரிய பண் பேற்றுத்திறன்கள் (modulation depths) வழக்கமாகப் பண்பேற்றம் குறைந்த அலைவெண்களுடனேயே தொடர்புகொண்டவை. தொலைக்காட்சியில் கிடைக்ககூடிய அலைவரிசை அகலத்தை இயன்ற அளவு பயன்படுத்திக் கொள்வதற்காக இவ்வகைப் பரப்பு தல்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒற்றைப் பக்க அலைவரிசை-ஒடுக்கிய ஊர்தி பரப்புதல் (Single side band-suppressed carrier transmission): பக்க அலைவரிசைகளின் மேல், கீழ் ஆகிய ஒவ்வொரு தொகுதியும் செய்தி முழுவதையும் பெற்றிருப்பதால் ஏற்பியில் செய்தியைப் பண்பிறக்குவதற்கு (demodulation) ஊர்தியும் பக்க அலைவரிசைகளில் ஒரு தொகுதியும் இன்றியமையாதன. பரப்பி, ஏற்பி ஆகிய இரண்டிலும் ஊர்தி தேவைப்படுகிறது. ஆனால், அதை முற்றிலும் ஒத்த ஊர்தியைப் பரப்பவோ ஏற்கவோ இது தேவையில்லை. பரப்புதலுக்கு முன்னால் பரப்பியில் ஊர்தியை ஒடுக்கலாம்; ஏற்பியின் உள்ளே தோற்றுவிக் கப்பட்ட அதே அலைவெண்ணுடைய ஊர்தியைக்கொண்டு மீட்டுரு வாக்கலாம். பக்க அலைவரிசைகளின் ஒரு தொகுதிமட்டிலும் பரப் பப்பட்டு, ஏற்பியில் ஏற்று ஒடுக்கப்பட்டதற்கு முற்றிலும் ஒத்த ஓர்

ஊர்தியுடன் கலக்கப்படும் வரையில் செய்தி பரப்புதல் ஏற்றல் ஆகியவற்றிற்கான தேவைகள் பூர்த்தி செய்யப்படுகின்றன. இந்தச் செயல்நுட்பம் ஒற்றைப் பக்க அலைவரிசை-ஒடுக்கிய ஊர்தி பரப்புதல் என வழங்கப்படுகிறது. வழக்கமான இரட்டைப் பக்க அலைவரிசை ஊர்திப் பரப்பல்களுடன் ஒப்பிட இது பெற்றுள்ள நன்மைகளாவன :

(அ) பரப்பியின் திறனில் சிக்கனம். ஏனெனில், பண்பேற்றம், ஒற்றைப் பக்க அலைவரிசையை ஒடுக்குதல், ஊர்தியை நீக்குதல் ஆகியவை பரப்பியில் குறைந்த திறனிலேயே செய்யப்படுகின்றன. மேலும், பக்க அலைவரிசைகளின் ஒரு பகுதியின் திறனைமட்டில் பெருக்குவதற்குத்தான் இறுதிநிலையில் உயர்திறன் பெருக்கி (high-power amplifier) தேவைப்படுகிறது. (ஆ) ஏற்கப்படும் சைகைக்கும் பரப்பப்படும் திறனுக்கும் உள்ள விகிதம் உயர்கின்றது. ஏனெனில், ஊர்தி நீக்கப்படுவதால் பக்க அலைவரிசையின் திறன்மட்டத்தை வழக்கமான அமைப்பில் உள்ளதை விட நான்கு மடங்கு அதிகமாக உயர்த்தலாம். (இ) ஊர்தி அலைவெண்ணை நீக்கிவிடுவதால் ஏற்பியில் துடிப்பு-சுர (beat-note) குறுக்கீடு கலக்கிப் பிரிக்கப்படுகின்றது (heterodyne). (ஈ) ஒடுக்கிய ஊர்தி-ஒற்றைப் பக்க அலைவரிசை சைகையின் குறுகிய அலைவெண் அலைவரிசையினால் ஏற்பி அனுமதிக்கும் அலைவரிசை குறுக்கப்படுகிறது. இதனால் இரைச்சலும் குறுக்கீடும் குறைகின்றன. (உ) இரகசியச் செய்தித் தொடர்புகொள்ள முடிகிறது. ஏனெனில், பக்க அலைவரிசைகளின் ஒரு தனித் தொகுதி மட்டும் ஏற்கப்படும்போது கேட்கக் கூடிய அளவு சைகை திரும்ப உண்டவாதில்லை. இதனைக் கண்டுபகுப்பதற்கு முன்னால் உள்ளிடத்தில் சரியான அலைவெண் ஊர்தியை உண்டாக்கி இதனுடன் கலந்தால்தான் உண்டாகும். இவ்வகைப் பரப்புதல்கள் மேலும் மேலும் அதிகமாக வாணிக, இராணுவ ரேடியோத் தந்தி, தொலைபேசி, தொலைஅச்சு (teleprinter) அமைப்புகளில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. எளிய ஏற்பிகளே தேவைப்படும் வானொலியில் இது பயன்படுத்தப்படுவதேயில்லை.

இந்த வகைப் பரப்புதல்கள் எல்லாத் துறைகளிலும் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில், பரப்பிகளும் ஏற்பிகளும் தொழில்நுணுக்கச் சிக்கல்கள் வாய்ந்தவை; மேலும் விலை அதிகம்.

அலைவெண் இடையிடம் விடல் (Frequency spacing) : பெருமளவில், பல துறைகளிலும் பயன்படும் ரேடியோத் தொடர்பினை எடுத்துக்கொண்டால் உலகம் முழுவதிலும் பல்லாயிரக்கணக்கான பரப்பிகள் இருக்கவேண்டும். இந்தப் பரப்பிகள் (transmitters)

யாவும் ஒரே ஊர்தி அலைவெண்ணில் பரப்பி எல்லா ஏற்பிகளும் இதற்கு எதிரளித்தால் குறுக்கீடு பொறுக்க முடியாது. வெற்றிகரமாக ரேடியோத் தொடர்புகொள்வதற்கு தனித்தனி பரப்பிகளும் ஏற்பிகளில் மற்ற பரப்பிகளுடன் முடிந்த அளவு குறைந்த குறுக்கீட்டுடன் செயல்பட வேண்டும். பல்வேறு ஊர்தி அலைவெண்களைப் பயன்படுத்துவதால் விரும்புகின்ற ஊர்தி அலைவெண்ணைப் பொறுக்கியெடுப்பதற்கேற்ப ஏற்பி அமைக்கப்படவேண்டும்.

ரேடியோத் தொடர்பின் (radio communication) தேவை வளர்ந்துகொண்டே போவதால் தேவைப்படுகின்ற ஊர்தி அலைவெண்ணிற்கு இடையிடம் விடுதலில் உள்ள தொல்லையும் அதிகரிக்கின்றது. நிலையங்கள் பலவற்றிற்கும் (பெருமஎண்ணிக்கை) ஒதுக்கவேண்டின் அடுத்தடுத்துள்ள ஊர்திகளின் அலைவெண்கள் முடிந்த அளவு நெருக்கமாக இருக்கவேண்டும். அ-து., வேறு பரப்பிகளுக்கு இசைவிக்கப்பட்டுள்ள (tuned) ஏற்பிகளுடன் குறுக்கீடு இல்லாமல் தொடர்பு ஏற்படுத்துவதற்கு ஏற்ற அளவில் நெருக்கமாக இருக்கவேண்டும். பரப்பப்படும் தர அலைவெண்களில் இடைநிலை அலைவரிசை (medium wave band) எனப்படும் 500 கிலோ சுழற்சிகளிலிருந்து 1600 கிலோ சுழற்சிகள் வரையுள்ளவை உள்ளூர், கிராமப்புறங்கள் ஆகிய இரண்டிற்கும் பயன்படுத்திக் கொள்ளத்தக்கவை. குற்றலை வரிசை (short wave band) எனப்படும் 5-லிருந்து 25 மெகா சுழற்சிகள் வரையுள்ளவை 1000-லிருந்து 12,000 மைல்கள் வரையுள்ள நீண்ட தூரங்களுக்குச் செய்தித் தொடர்பு கொள்ள மிகவும் உகந்தது. ஆனால், இந்த அலைவெண்கள் உலக நாடுகள் அனைத்திற்கும் சேவை செய்ய வேண்டும். இந்த வீச்சினைப் பயன்படுத்தும் துறைகளில் கடலிடைத் தந்தி (trans oceanic telegraphy), பன்னாட்டிடை ஒலிபரப்புதல் (international broad-casting), தொலை தட்டச்சு (teleprinter), கடற் பயணத் துணைகள் (navigational aids) போன்றவை உள்ளடங்கியுள்ளன.

அலைவெண் இடையிடம் ஒதுக்கிக் கொடுப்பதில் ரேடியோக் கால்வாய் (radio channel) எனப்படும் மற்றொரு முக்கியக் காரணியையும் கணக்கிலெடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். ரேடியோத் தொடர்பில் செய்திப் பக்க அலைவரிசை (message side band) அலைவெண்களை ஊர்தி அலைவெண்ணுடன் சுமந்து செல்வதற்குக் குறைக்கப்படமுடியாத அளவு அலைவெண் பரவல் (frequency spread) இருக்க வேண்டும். இந்த அலைவெண் பரவல் பரப்பப்படவேண்டிய மிக உயர்ந்த பண்பேற்றும் அலைவெண்ணைப் பொறுத்திருக்கும். வேறு விதமாகச் சொன்னால், ஒரு குறிப்பிட்ட அகலமுடைய ஒரு

பாதை தேவைப்படுகிறது. இந்தப் பாதை பொதுவாக ரேடியோ வாய்க்கால் (radio channel) எனப்படும். பெருமளவில் கூட்டமாக உள்ள அலைவெண் இடையிடத்தில் முடிந்த அளவு அதிகமான ரேடியோக் கால்வாய்களைப் பொருத்துவதற்கு ஒவ்வொரு கால்வாயின் அகலமும் ஒரு சிறுமத்திற்கு (minimum) வரம்புகட்டப் படவேண்டும். இச் சிறுமம், செய்தியின் மிக உயர்ந்த அலைவெண்ணின் பக்க அலைவரிசைகளின் தேவையைப் பூர்த்தி செய்யுமளவிற்கு இருக்கவேண்டும். பேச்சு, இசை ஆகியவற்றைப் பரப்புதலில் 15 கிலோ சுழற்சிகள் அலைவரிசை அகலத்தில் பரப்புவது விரும்பத் தக்கது. ஏனெனில், இசை 7·5 கிலோ சுழற்சிகள்வரையுள்ள வீச்சிற்கு உட்பட்டிருக்கிறது. எனவே, இரண்டு பரப்பும் நிலையங்கள் ஒன்றுக்கொன்று 15 கிலோ சுழற்சிகள் விலகியுள்ள ஊர்தி அலைவெண்களைப் பயன்படுத்தவேண்டும். நடைமுறையில், பன்னாட்டு ரேடியோச் சேவைக்குழு (International Committee of Radio Service) அடுத்தடுத்துள்ள இரு ஊர்திகளுக்கிடையே 10 கிலோ சுழற்சிகள் இடைவெளியையே கொடுத்துள்ளது. இதனால் கிடைக்கக்கூடிய 500-க்கும் 1500 கிலோ சுழற்சிகளுக்கு மிடைப்பட்ட அலைவெண் தொகுதியில் அதிகமான நிலையங்களைப் பொருத்தமுடிகிறது. இவ்வாறு குறைவாகக் கொடுப்பதால், கண்டுபகுப்பானின் பண்புகளால் பக்க அலைவரிசைகள் ஓரளவிற்கு மீதூர்தலைக் (overlap) குறுக்கீடில்லாமல் அனுமதிக்க முடியுமானாலும் பரப்புதலில் திறம்பாமையைத் (fidelity of transmission) தியாகம் செய்ய வேண்டியுள்ளது என்பது வெளிப்படை.

தரமான பரப்பும் நிலையங்களின் வளர்ச்சி கீழ்க்கண்டவற்றால் எப்போதும் ஒரு வரம்பிற்குட்பட்டுள்ளது. அவையாவன: அலைவெண் இடையிடத்தின் பற்றாக்குறை, கால்வாய்கள் பகிர்ந்து கொள்ளப்படவேண்டிய தேவை, பரப்பும் திறனின் பெரும மதிப்புக்குள்ள கட்டுப்பாடுகள், அடுத்தடுத்துள்ள கால்வாய் நிலையங்கள் பூமியில் பிரிந்துள்ள தூரம் சிறிதாயிருத்தல், குறுக்கீட்டைத் தவிர்ப்பதற்காகத் திசைப்பண்புடைய வான்கம்பிகளைப் பயன்படுத்துதல்.

III. அலைவெண்ணை நிலைப்படுத்துதல் (Frequency Stabilisation)

மின்குழாய் மின் ஆக்கியினால் (valve generator) உண்டாக்கப்படும் உயர் அலைவெண் அலைவுகளின் அலைவெண் மாறாதிருக்க வேண்டும். கொள்கை அளவில் பார்த்தால் இது நேர்மின் வாயிலுள்ள அலைவுறும் சுற்றின் (oscillating circuit) L, C ஆகியவற்றின் மதிப்புகளைப் பொறுத்திருக்கும். ஆனால், நடைமுறையில் பல காரணங்களால் இது மாறுகிறது. அலைவெண் மாறுதல்களை அம்மாறுதல்களை உண்டாக்கும் பலவேறு காரணங்களைக்கொண்டு மூவகையாகப் பிரித்தறியலாம். அவையாவன:

அலைவெண் இழுப்பு (Frequency drift) : இது மின்பொருண்மைச் சுருள் '*L*' சூடாக்கப்படுவதால் விரிவடைவதனால் ஏற்படுகிறது. இதனால் மின்பொருண்மை அதிகமாகிறது. அதற்கேற்ப, பரப்பப்படும் அலைவெண் குறைகிறது. சுருளின் மின்தடையும் அதிகமாகிறது. இது அலைவெண்ணை மேலும் குறைக்க முயலுகிறது. ஆனால், இது அவ்வளவு முக்கியமானதன்று, இரண்டாம் நிலைத்தே.

காற்றில் வான்கம்பி சாய்ந்தாடுவதால் ஏற்படும் மெதுவான அலைவெண் மாற்றம் : வான் கம்பியானது அலைவுறும் சுற்றின் ஒரு பகுதியாக அமைந்தால் அது நகர்வதால் அதற்கும் பூமிக்கும் இடையேயுள்ள மின்னேற்புத்திறன் மாறுகிறது. இதன் விளைவாகப் பரப்பப்படும் அலைகளின் அலைவெண் மெதுவாக உயர்ந்து தாழ்கிறது.

மின்குழாய்க்குள்ளேயே தோன்றும் தொந்தரவுகளால் உண்டாகும் அலைவெண் பரவல் (Frequency spread): நேர்மின் வாய், இடைவாய், இழை ஆகியவற்றின் மின்னழுத்தங்களில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங்கள் மின்குழாய் மதிப்பெண்களின் மாறுதல்களில் பிரதிபலிக்கின்றன. இம் மாற்றங்களில் பல, தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவெண்களில் எதிர் விளைவை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால், அலைவெண் மாற்றத்திற்குரிய மிகப் பெரிய காரணம், மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள புலத்தில் எலெக்ட்ரான் அடர்த்தி அதிகமாவதால் இடைவாய்-இழை மின்னேற்புத்திறன் அதிகமாவதே. மின்குழாயின் மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள மின்னேற்புத் திறன் இசைவிக்கும் மின்னேற்பியுடையதுடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவு இருக்கும் உயர்அலைவெண் சுற்றுகளில் இந்த விளைவு மிக முக்கியமானதாகிறது. இந்தத் தொந்தரவுகள் எல்லாவற்றினுடைய பொது விளைவு என்னவென்றால் அலைவெண் பரவலைச் செய்வதே ; அதாவது, ஒரு குறுகிய அலைவரிசையில் தொடர்ச்சியாக மாறுதல்களை உண்டாக்குவது. பல காரணங்களால் அனுமதிக்கக்கூடிய அலைவெண் மாற்றத்தின் அளவிற்கு ஓர் எல்லை வகுக்க வேண்டியுள்ளது. காட்டாக, மாறுதல் குறிப்பிடத்தக்க அளவு இருக்குமானால் தொடர்ச்சியான அலைகளை (C.W.) கலக்கிப்பிரித்து ஏற்றல் கடினமாகின்றது; ஒரு திட்டவட்டமான இசைப்பண்பில்லாத கரகரத்த ஒலி (gruff note) தோன்றுகிறது. இடைஇடையே தொடர்பறுபடும் தொடர்ச்சியான அலைச் சைகை (I.C.W.) குறைந்தது மூன்று சுரங்களையாவது (notes) கொடுக்கும். இவற்றுள் இரண்டு உயரும், ஒன்று வீழும். தொடர்ச்சியாகப் பெருமளவில் உயர்ந்து கொண்டே செல்லும் ரேடியோ போக்குவரத்தைக் (radio traffic)

குறிப்பாக எடுத்துக்கொண்டால் மற்ற துறைகளிலும் இவற்றிற்கு அடுத்துள்ள அலைவெண்களில் குறுக்கீட்டினை விளைவிக்கும். இதற்கு முந்திய பகுதியில் ரேடியோக் கால்வாய்களின் தேவை பன்னாட்டு ரேடியோச் சேவைக் குழுவினை ரேடியோ வாய்க்கால்களின் அகலத்திலும் ஊர்தி அலைவெண் இடையிடம் விடுதலாலும் நெருக்கமான ஒப்புரவினை (tolerance) ஏற்படுத்தவேண்டி வற்புறுத்தியது. அதே ஒழுங்குபடுத்தும் குழு அலைபரப்பும் நிலையங்கள் அவற்றிற்கென ஒதுக்கப்பட்டிருக்கும் ஊர்தி அலைவெண்ணிலிருந்து இழுப்பு (drift) 20 சுழற்சிகட்கு மேல் தாண்டக்கூடாது எனவும் முடிவு செய்தது. இத்தகைய குறுகிய ஒப்புரவிற்குச் (tolerance) காரணம் இதுதான்: அலைபரப்பும் நிலையத்தின் ஊர்தி அலைவெண் இழுபடும்போது பக்க அலைவரிசையும் அதற்கேற்ப நகருகின்றது. ஊர்தியானது வாய்க்காலுக்குள்ளேயே இருந்தாலும் பக்க அலைவரிசைகள் வெளிப்புறம் நகர்ந்து மற்ற நிலையங்களுடன் குறுக்கிடலாம். பரப்பப்படுகின்ற அலைவெண்களில் உயர்ந்த ஒன்றான 1,600 கிலோ சுழற்சிகளில் 20 சுழற்சி ஒப்புரவு என்பது 0·0013 சதவீதத்திற்குச் சமமானது. நற்பேருக படிகம் கட்டுப்படுத்தும் அலைப்பான்களைப் (crystal contral oscillators) பயன்படுத்துவதன் வாயிலாக இந்தத் தேவையினை நிறைவேற்ற முடியும். அதனை இப்போது பார்ப்போம்.

அலைவெண் நிலைப்படுத்தும் முறைகள்: அலைவெண்ணைக் குறிப்பிட்ட எல்லைகட்குள் நிலைப்படுத்துவதற்கு சிறப்பாக இரு முறைகள் உள்ளன. அவை முறையே தலைமை அலைப்பான் (master-oscillator), குவார்ட்ஸ் அலைப்பான் (quartz oscillator) எனப்படும்.

தலைமை அலைப்பான் (Master oscillator): இம்முறையின் பொதுவான தத்துவம் ஒரு தனியான முற்றிய சுற்றில் (closed circuit) உயர் அலைவெண் அலைவுகளைத் தோற்றுவிப்பதேயாகும். இந்தச் சுற்றிலுள்ள உறுப்புகளின் பண்புகள் போதுமான அளவு கட்டுப்பாட்டுக்குள் இருக்கும். அதனால் தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவெண் மிகக் குறுகிய வரம்பிற்குள்ளேயே மாறுகிறது. இந்த அலைவெண்ணில் தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவுறும் மின்னழுத்தம் ஒரு மின்குழாயின் இடைவாய் அல்லது பரப்புதலுக்குத் தேவையான அளவு போதுமான வெளிப்பாட்டுத் திறனைக் கொடுக்கக்கூடிய பல மின்குழாய்களுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே, திறன் வெளிப்பாட்டு நிலையிலும் (power output stage) வான் கம்பியிலும் உள்ள அலைவுகள் உந்துவிக்கப்பட்ட அலைவுகளே (forced oscillations) அன்றி இயற்கையான அலைவுகள் (free oscillations) அல்ல. இவற்றின் அலைவெண் தலைமை அலைப்பானாலேயே நிச்சயிக்கப்படுகிறது.

எளிய வகை தலைமை அலைப்பான் என்பது தாழ்-திறன் வாய்ந்த தானே அலைவுறும் ஒரு முற்றிய சுற்றேயாகும். இதில் அலை வெண்ணைப் பாதிக்கக்கூடிய மின் அளவுகளின் மாறுதல்களைத் தவிர்ப்பதற்காகத் தனியான முன்னெச்சரிக்கைகள் எடுக்கப்பட்டிருக்கும். இழுப்பு எதிர்க்கும் மின்பொருண்மைச் சுருள்களைப் (anti-drift inductance coil) பயன்படுத்துதல், நேர்மின்வாய்க்கு மின்னேற்றம் கொடுக்கும் மின்னோட்டத்தைக் கவனமாக இழைத்தல் (smoothening), இழைக்கு வழங்கப்படும் மின்சாரத்தை ஒழுங்குபடுத்துதல், இசைவித்த சுற்றினைப் பயன்படுத்துதல் (இதன் இசைவிக்கும் திறனானது மின்வாய்கட்கிடையேயுள்ள மின்னேற்புத்திறன் மாறுதல்கள் அலைவெண்ணை எவ்வளவு குறைவாக பாதிக்குமோ அவ்வளவு குறைவாக பாதிக்குமளவில் பெரிதாக இருக்க வேண்டும்.) அவ்வப்போது எதிர்பாராது நிகழும் பிணைப்பினை மிகச்சிறியதாகக் குறைப்பதற்காகத் தலைமைச் சுற்றை முதன்மைத் திறன் நிலையிலிருந்தும் இரு சுற்றுகளின் உறுப்புகளிலிருந்தும் தடுத்தல் போன்றவற்றால் அலைவெண் இழுப்பு எதிர்க்கப்படுகிறது. தலைமை அலைப்பானுக்கும் திறன் பெருக்கியின் புறவாய்க்குமிடையே உள்ள மின்வாயிடை மின்னேற்புத்திறன் பிணைப்பு வான்கம்பிச் சுற்றுக்கும் தலைமைச் சுற்றுக்கும் இடையே எதிர் விளைவு (reaction) ஏதும் உண்டாகாத வகையில் கவனமாக ஈடுகட்டப்படவேண்டும். கைக்கடிகாரத்தின் சமநிலைச் சக்கரத்திற்கும் (balance wheel) பரப்பியின் தலைமை அலைப்பான் பகுதிக்கும் சில நேரங்களில் ஒப்புமை காட்டப்படும். சமநிலைச் சக்கரமானது முதன்மை வில் (main spring) ஒழுங்கான துடிப்புகளை கைக்கடிகாரப் பொறி அமைப்பிற்கு மாற்றிக் கொடுக்க வழிசெய்கிறது. இத் துடிப்புகளின் அலைவெண் சக்கரத்தாலும், அத்துடன் தொடர்புகொண்ட நுண்ணிழை வில்லாலும் (hair spring) மட்டிலுமே முழுதும் நிச்சயிக்கப்படுகின்றன. முதன்மை வில்லால் நுண்ணிழை வில்லின் மீது எந்தச் செயலும் உண்டாவதில்லை.

சிறந்த தலைமை அலைப்பான் பரப்பியில் தலைமைச் சுற்றுக்கும் (master circuit) திறன் பெருக்கிக்கும் இடையில் ஓர் இடைதடுக்கும் நிலை (buffer stage) இருக்கும். இடைதடுக்கும் மின் குழாய்களின் (buffer valves) இடைவாய்கள் இடைவாய் மின்னோட்டம் இல்லாத அளவிற்குத் தாழ்ந்த மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பெறுகின்றன ; எனவே, இவை தலைமை அலைப்பான்மீது எந்தச் சுமையையும் (load) ஏற்றுவதில்லை. இத்தகைய சுற்றுகள் பயன்படுத்தப்பெறும்போது அலைவெண் மாறுமையின் அளவு 5000-ல் $\pm$ 1 பங்கு. இந்த முறையால் தற்காலத்திய ரேடியோத் துறையின் கடுமையான தேவைகளுக்கு ஈடுகொடுக்க முடியாதென்பது

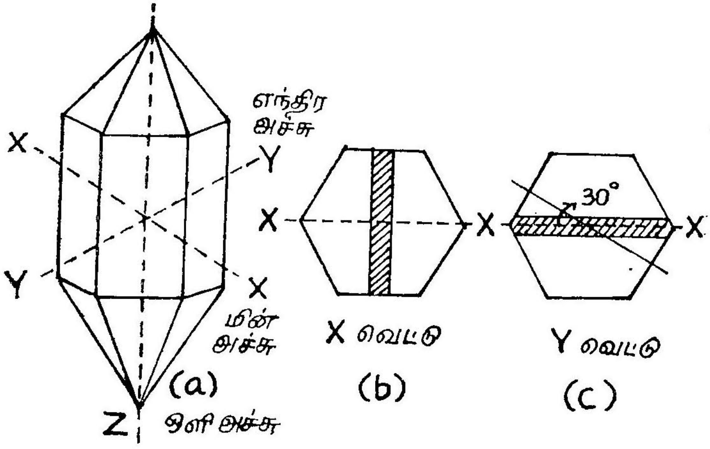
வெளிப்படை. இதனினும் நன்மை வாய்ந்த குவார்ட்ஸ் அலைப்பானல் இது வெளியேற்றப்பட்டு விட்டது.

குவார்ட்ஸ் அலைப்பான் (Quartz oscillator) : இது சுற்றிலுள்ள உறுப்புகளின் பண்புகளைச் சாராத முறையில் அலைவெண்ணைத் தோற்றுவிக்கும் மின்-எந்திரவியல் (electro-mechanical) முறையாகும். இது விம்மல் மின்னழுத்த விளைவு (piezo electric effect) எனப்படும் டூர்மலின் (tourmaline), ரோஷெல் உப்பு (Rochelle salt), குறிப்பாகக் குவார்ட்ஸ் (quartz) போன்ற சில குறிப்பிட்ட படிகங்களின் சிறப்புப் பண்பாகும்.

விம்மல் மின்னழுத்த விளைவு (Piezo electric effect) : இப்படிகங்களில் ஒன்று எந்திர அழுத்தத்திற்கு உட்படுத்தப்பட்டால் அதன் குறுக்கே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகிறது. அழுத்தத்திற்குப் பதில் இழுப்புவிசையைத் (tension) தொழிற்படுத்தினல் எதிர்த்திசையில் ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகிறது. மறுதலையாக (conversly) படிகத்தின் குறுக்கே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டைத் தொழிற்படுத்தினல் அது எந்திர உருவ வேறுபாட்டினை (mechanical deformation) அடைகிறது ; மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் திசைக்கேற்ப சுருங்கவோ அல்லது விரிவடையவோ செய்கிறது. எந்திர விசைக்கும் (mechanical force) மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் உள்ள தொடர்பு அனேகமாக ஒருபடித் தொடர்பாக இருக்கக் காணப்படுகிறது. இது விம்மல் மின்னழுத்த விளைவாகும். இதன் அளவு படிகத்தில் எந்திர விசை அல்லது மின்னழுத்த வேறுபாடு தொழிற்படுத்தத்படும் திசைக்கேற்ப மாறுகிறது. இந்த விளைவு முதன்முதல் 1880-ல் கியூரி தம்பதிகளால் ஆராயப்பட்டது. அதிலிருந்து மற்றவர்களால் கவனமாக ஆராயப்பட்டது. அவர்கள் சிறப்பாக குவார்ட்ஸ் படிகத்தைக் கொண்டு ஆராய்ந்தார்கள். ஏனெனில், இது சிறந்த எந்திரப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்கிறது.

குவார்ட்ஸ் படிகம் அதன் இயற்கையான முழுமை பெற்ற உருவில் ஒவ்வொரு முனையிலும் ஒரு பிரமிட் (pyramid) உள்ள அறுகோணப் பட்டகங்களின் (hexagonal prisms) வடிவில் இருக்கின்றது. [படம் 64 (a)] படிகத்தின் நீளவாட்டத்தில் கூர்மையான முனைகளின் வழியாகச் செல்லும் அச்சு 'Z' அச்சு அல்லது ஒளி அச்சு (optical axis) எனப்படும். படிகத்தின் மையத்தின் வழியாக அறுகோணத்தின் தட்டையான பக்கங்களுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள அச்சுகள் Y அச்சுகள் அல்லது எந்திர அச்சுகள் (mechanical axis) எனப்படும். அறுகோணத்தின் மூலைவிட்டங்கள் (diagonals) வழியாகச் செல்லும் அச்சுகள் X-அச்சு அல்லது மின் அச்சு (electrical axis) எனப்பெறும்.

படிகப் பகுதிகள் தகடுகளாகவோ அல்லது கம்பிகளாகவோ (bars) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பல பகுதிகள் கையாளப்படு கின்றன. அவை ஒவ்வொன்றும் வெட்டப்படும் கோணத்திற் கேற்ப வரையறுக்கப்படுகின்றன. மிக நன்ருகத் தெரிந்த இரு வகைகள் X-வெட்டு, Y-வெட்டு ஆகியவை. இவற்றுள் முதலாவது



படம் 64. குவார்ட்ஸ் படிகம்

செங்குத்து வெட்டாகும். அ-து., X-அச்சிற்கு செங்குத்தாகப் பக்கங்களை உடைய பகுதி [படம் 64 (b)]. பிந்தியது இணையான அல்லது 30° வெட்டு ஆகும். செங்குத்திற்கு 30° சாய்ந்திருப்ப தால் இது 30° வெட்டு எனப்படுகிறது [படம் 64(c)].

X-வெட்டுப் படிகம் கியூரி வெட்டு அல்லது சுழிவெட்டுப் (zero -cut) படிகம் எனவும் வழங்கப்படும். இதுதான் வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின்னழுத்த வேறுபாடு X-அச்சின் வழியாகத் தொழிற்படுத்தப்பட்டால், அ-து., தட்டையான பக்கங் களுக்கிடையே தொழிற்படுத்தப்பட்டால், அந்தப் பகுதி மின் னழுத்த வேறுபாட்டின் திசையைப் பொறுத்து Y-அச்சின் வழியாக சுருங்கவோ அல்லது விரியவோ செய்கிறது. தொழிற்படுத்தப் பெறும் மின்னழுத்த வேறுபாடு திசைமாறுவதாக இருந்தால் அது நெடுக்கு அதிர்வுகளைச் (longitudinal vibration) செய்கிறது. அ-து., எந்திர (Y) அச்சின் வழியாக ஏற்படும் விரிவு அல்லது சுருக்கத்துடன்கூட மின் (X) அச்சில் ஒரு சுருக்கம் அல்லது விரிவு உண்டாகிறது. எனவே, இதற்கு இயற்கையான இரு அலைவெண் கள் இருக்கக்கூடும். இவ் வலைவெண்கள் தோராயமாக $n = K/t$

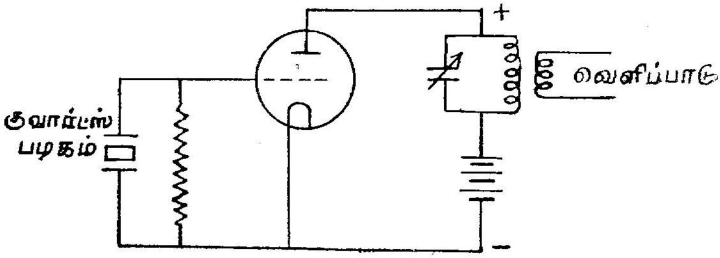
எனும் தொடர்பால் வரையறுக்கப்படுகின்றன. இங்கே K = 2·86 × 10^6. t என்பது மில்லி மீட்டரில் கொடுக்கப்பட வேண்டும். t ஆனது ஓர் அலைவெண்ணைக் கொடுக்கும் பகுதியின் கனமாகவோ அல்லது இரண்டாவது அலைவெண்ணைக் கொடுக்கும் பகுதியின் கனமாகவோ இருக்கலாம். இந்த இரண்டாவது அலை வெண் வழக்கமாகச் சிறிதாக இருக்கும். நடைமுறையில் உயர் அலைவெண்ணைப் பயன்படுத்துவதற்கே அமைப்பு சரி செய்யப் படுகிறது. இந்த அமைப்பில், துண்டத்தின் (slice) கனம் 1 மி.மீ. ஆனால் $n \sim$ 3000 கிலோ சுழற்சிகள். X-வெட்டுப்படிகங்கள் 25 சுழற்சியிலிருந்து 7500 கிலோ சுழற்சிகள் வரையுள்ள இயற்கை அலைவெண்களைப் பெறுமாறு அவற்றைத் தேய்க்கலாம். ஆனால், நடைமுறையில் இந்த அலைவெண்ணின் உயர் எல்லை 500 கிலோ சுழற்சிகள் அளவிலேயே இருக்கும். ஏனெனில், இதனினும் உயர்ந்த அலைவெண்களில் படிகம் மிகவும் மெல்லியதாகின்றது. அதனால் அது மிகுந்த வலுவுடன் இருக்க முடியாது. ரேடியோ வேலைகட்குப் பொறுக்கியெடுக்கப்பட்ட படிகங்கள் 1 சதுர அங் குலம் பரப்பளவும் $\frac{1}{8}$ அங்குல கனமும் உள்ள தகடுகளாக அறுக்கப் படுகின்றன. பிறகு இத் தகடுகள் விரும்பிய அலைவெண்ணில் விம்மல் மின்னழுத்த விளைவைக் கொடுக்கக்கூடிய சீரான கனத் திற்குக் கவனத்துடன் தேய்க்கப்படுகின்றன.

குவார்ட்ஸ் படிகம் எந்திர ஒத்ததிர்வு (mechanical resonance) எனும் தத்துவத்தின் அடிப்படையில் அலைவெண் நிலைப்படுத்து வானகச் (frequency stabiliser) செயல்படுகிறது. தகுந்தவாறு வெட்டப்பட்டு ஒரு குவார்ட்ஸ் படிகத்தின் துண்டத்தின் குறுக்கே அலைவுறும் மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒன்று தொழிற்படுத்தப் படுகிறது எனக்கொள். இது துண்டத்தில் இருதிசை இறுக்கு விசை (alternating stress) ஒன்றினை உண்டாக்குகிறது. இதன் விளைவாகத் துண்டம் அதிர்வுற ஆரம்பிக்கிறது. இந்த அதிர்வு இரு கூறுகளால் ஆனதாகக் கருதலாம். அவையாவன : தொழிற்படுத்தப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலைவெண் ணுடைய உந்துவிக்கப்பட்ட அலைவுகள் (forced oscillations) ; மற் றொன்று படிகத் துண்டத்தின் இயற்கையான அலைவெண்ணுடைய இயற்கையான அலைவுகள் (free oscillations). இந்த இயற்கையான அலைவெண் இரண்டாவது துண்டத்தின் அளவைகளையும் (dimen- sions), எந்திரப் பண்புகளையும் (mechanical properties) தான் சார்ந்திருக்குமே தவிர தொழிற்படுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தை சற்றும் சாராது. பொதுவாக, உந்துவிக்கப்படும் அலைவுகள் சிறிய வீச்சினைப் பெற்றிருக்கும் ; ஆனால், தொழிற்படுத்தப்படும் மின் னழுத்த வேறுபாட்டின் அலைவெண் படிகத்தின் இயற்கையான

அலைவெண்ணிற்கு எங்காகிலும் அருகிலிருந்துவிட்டால் எந்திர ஓத்ததிர்வினை (mechanical resonance) அணுகும் நிலைமைகள் உண்டாகும். அதனால் உந்துவிக்கப்படும் அலைவுகளின் அளவு ஒரு பெரிய மதிப்பினை அடையும். இயற்கையான அதிர்வுகள் (free vibrations) படிகத்தின் பக்கங்களின் குறுக்கே அதற்கிசைந்த பெருமளவில் அலைவுறும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை உண்டாக்கும். இந்த பிந்திய விம்மல் மின்னழுத்த வேறுபாடுதான் அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் மின்குழாயின் முதன்மையான மின் அலைவுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இத்தகைய அலைவுகளின் அலைவெண் படிகத்துண்டத்தின் இயற்கையான எந்திர அதிர்வுகளின் அலைவெண்ணிற்கு அனேகமாக சமமாகவும், மின்குழாய்ச் சுற்றின் மின் பண்புகளை அனேகமாகச் சாராமலும் இருக்கக் காணப்படுகிறது. இப் பண்புகளால் உண்டாகும் அலைவெண் மாற்றங்கள் இவ்வாறு பெருமளவில் விலக்கப்படுகின்றன; பரப்பப்படும் அலைவெண் மாறுமலிருக்கின்றது. குவார்ட்ஸ் அலைப்பான்களின் வணிக வகைகளில் ஒரு மில்லியனில் 5 பங்கு எனும் அளவில் அலைவெண் மாறுமை பெறப்பட்டுள்ளது. எனவே, இது தலைமை அலைப்பான் நுணுக்கத்தைவிட சாலவும் மேம்பட்டது. ஒப்புரவின் (tolerance) அளவில் இது 0·0003 சதவீதமாகும். இது ஒழுங்குபடுத்தல்களால் அனுமதிக்கப்படும் 0·0013 சதவீதத்தைவிட மிகவும் நெருக்கமாக உள்ளது. எனவே, இந் நாள்களில் குவார்ட்ஸ் படிக அலைவெண் நிலைநிறுத்துவான்கள் (frequency stabilisers) பெரும்பாலும் எங்கும் எல்லா ரேடியோத்துறைகளிலும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஏனெனில், அவை எளியவை, மலிவானவை, உறுதிபடைத்தவை. சாதாரணமாக விற்கக்கூடிய விலையிலேயே மில்லியனில் 5 பங்கு திருத்தத்தை அடைய முடியுமானால் அதிக விலைகளில் இதனினும் உயர்ந்த திருத்தத்தை அடைய முடியும் என்பதனைக் கவனிக்கவேண்டும். மிகவும் விலை உயர்ந்த பில்லியனில் (Billion) ஒரு பங்கு எனும் திருத்தத்தில் ஒரு மாத காலத்திற்கு வேலை செய்யக்கூடிய விலையுயர்ந்த படிக அலைப்பான்களைச் செய்ய முடியும் என செய்முறைகளால் மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது.

குவார்ட்ஸ் அலைப்பான்கள் பலவழிகளிலும் உலகத்தின் தலைசிறந்த இரண்டாம்நிலை அலைவெண் தரஅளவு கோலாக (standard) அமைகின்றன என்பதனையும் குறிப்பிடலாம். முதல்நிலை தர அளவு கோல் பூமியின் சுழற்சி என்பது வெளிப்படை. எனவே, இவை தர அளவு கடிகாரங்களை ஒழுங்குபடுத்துவதற்குப் பயன்படுகின்றன.

குவார்ட்ஸ் அலைப்பானால் கட்டுப்படுத்தப்படும் சுற்று : குவார்ட்ஸ் படிக மும்முனைக்குழாய் அலைப்பான் படம் 65-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 65. குவார்ட்ஸ் படிகம் கட்டுப்படுத்தும் மும்முனைக்குழாய் அலைப்பான்

விரும்பிய அலைவெண்ணைக் கொடுக்குமாறுதேய்க்கப்பட்ட ஒரு குவார்ட்ஸ் படிகமானது ஒரு மும்முனைக்குழாய் அலைப்பானின் இசைவிக்கப்பட்ட இடைவாய்ச் சுற்றுக்குப் பதில் அதனிடத்தில் இடைவாய்க்கும் இழைக்கும் இடையே நுழைக்கப்படுகிறது. அலைவுறும் ஆரம்பத் துடிப்புகள் படிகத்தை அலைவுறச் செய்கின்றன. அதனால் விம்மல் மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகிறது. இந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு அலைப்பானின்மீது தானே வலிந்து தொழிற்பட்டு அலைவெண் மாறாமல் ஒரு மில்லியனில் 5 பங்கு எனும் அளவில் குறுகிய எல்லைக்குள் நிலைநிறுத்துகின்றது. நேர் மின்வாய் சுற்று இதனினும் சற்றே அதிகமான அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்படுகிறது. இதனால் அது ஒரு மின்பொருண்மையாகத் தொழிற்பட்டு தேவையான பின்னூட்டத்தைக் (feedback) கொடுக்கிறது. இவ்வகை அலைப்பான் மிகவும் நிலைத்த தன்மையுடையது; மின்குழாயின் தற்சிறப்புப் பண்புகளிலும், சுற்றின் மின்னேற்புத் திறன்களிலும் ஏற்படும் பெரும் மாறுதல்கள்கூட அலைவெண்ணில் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவிற்குமேல் விளைவை ஏற்படுத்துவதில்லை.

படிகத்தைப் பொருத்துதல் (mounting) மிக முக்கியமானது. ஏனெனில், எந்திர அளவைகளோடல்லாமல், அலைப்பான் அலைவுறும் அலைவெண்ணைப் பாதிக்கக்கூடிய வேறிரண்டு காரணிகளும் உள்ளன. அவையாவன, படிகப் பிடிப்பியில் (crystal holder) உள்ள காற்று இடைவெளியின் அளவும் வெப்பநிலையும். படிகங்கள் வழக்கமாக கிடையாகவே பொருத்தப்படுகின்றன (horizontal mounting) ஏனெனில், வேலைசெய்யும்போது அவை இணையான, ஒன்றிலிருந்து ஒன்று நன்றாகக் காப்பிடப்பட்ட இரு உலோக மேற்பரப்புகளுக்கிடையே 'மிதக்கின்றன'. இதனால் ஒரு காற்று இடைவெளி உண்டாகிறது. இந்த இடைவெளியின் கனம் எல்லாவிடங்களி

லும் ஒன்ருகவே இருக்கும். காற்று இடைவெளியின் கனம் மாறும்போது பிடிப்பியின் தகடுகளுக்கிடையேயுள்ள பயன்தரும் மின்னேற்புத்திறன் மாறுகின்றது. இதனுல் படிகம் அதிர்வுறும் அலைவெண் காற்று-இடைவெளியின் கனத்திற்கேற்ப மாறுகின்றது. இடைவெளி அதிகமாக இருந்தால் அலைவெண்ணும் அதிகமாக இருக்கும். வேறு வகையாகவும் படிகங்கள் பொருத்தப்படுகின்றன. காட்டாக, படிகத்துண்டு மையத்திலோ மூலைகளிலோ உறுதியாகப் பிடித்துக்கொள்ளப்படுகிறது. பெரும்பாலும், பிடிப்பியிலுள்ள படிகம் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணுடி உறையினுள் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனுல் காற்று உராய்வின் (friction) விளைவுகள் ஒடுக்கப்படுகின்றன.

வெப்ப நிலை மாறுதல்களை அகற்றுவதற்காக படிகப்பிடிப்பி ஒரு தனி இடத்திற்குள் (உறையுள்) வைக்கப்படுகின்றது. இந்த உறையுளின் வெப்பநிலை ஒரு வெப்பநிலை கட்டுப்படுத்தும் வெப்பமின் பிணையால் (thermostatic control) மாருமல் நிலைநிறுத்தப்படுகிறது.

அலைவெண் கீழ்க்கண்ட காரணங்களாலும் பாதிக்கப்படுகிறது. அவற்றிலிருந்தும் இதனைப் பத்திரமாகப் பாதுகாக்க வேண்டும். அவையாவன : நேர்மின்வாய் இசைவித்தலில் உண்டாகும் மாறுதல்கள் அலைவெண்ணைப் பாதிக்கின்றன. ஏனெனில், அவை தகட்டு-இடைவாய் மின்னேற்பி வழியாக இடைவாய்க்குத் திருப்பமடைந்து திரும்பிச் செல்கின்றன. இதனை நீக்குவதற்குத் தகட்டு இசைவித்தல் அமைப்பு (plate tuning system) ஒன்றினை மாருத மின்னேற்பி ஒன்றுடன் பயன்படுத்துவது வழக்கம். பல இடங்களில் ஒரே ஒரு சுருள் மட்டிலும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது தன்னுடைய பங்கிடப்பெற்றுள்ள மின்னேற்புத் திறனுல் தனக்குத் தானே இசைவித்துக் கொள்ளக்கூடியது. தகட்டுச் சுற்றில் சுமை ஏற்றுவதால் அலைவெண் பாதிக்கப்படுகிறது. எனவே, அலைப்பானுக்கு மிகவும் லேசான சுமையையே ஏற்றி அதைத் தொடர்ந்து ஓர் இடைத்தடுப்புப் பெருக்கி (buffer amplifier) ஒன்றினைப் பயன்படுத்துவது சாதாரண வழக்கம். படிகத்தின் குறுக்கே ரேடியோ அலைவெண் மின்னழுத்தம் ஒன்றும் இருக்கிறது. அதனுல் படிகத்தின் வழியாக ஒரு ரேடியோ அலைவெண் மின்னேட்டம் பாய்கிறது. இந்த மின்னேட்டம் மிகப் பெரிதாக இருந்தால் படிகம் உடைந்துபோகலாம். எனவே, படிக அலைப்பானின் திறன் வெளிப்பாடு (power output) ஓர் எல்லைக்குட்பட்டிருக்க வேண்டும். மும்முனைக் குழாய்களில் திறன் வெளிப்பாடு ஒரு வாட்டோ (watt) அல்லது அதற்குக் குறைவாகவோ இருக்கலாம். அது எப்பொழுதும் 5 வாட்டுக்குமேலிருந்ததில்லை.

சிறந்த அமைப்பினைக்கொண்டு அலைவுறும் அலைவெண்ணைப் பத்து மில்லியன்களில் ஒரு பங்குக்குள் வைத்துக்கொள்ளலாம் !

பல்வேறு வகைகளில் வெட்டப்பட்ட (நன்கறிந்த X-வெட்டல் லாத) குவார்ட்ஸ் படிகங்கள் தற்காலத்திய ரேடியோத்துறை களில் கையாளப்படுகின்றன என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். காட்டாக, பெருமளவில் பயன்படுத்தப்படும் ஓர் அச்சு, ஒளி அச்சிலிருந்து ஏழத்தாழ 35·5°-ல் இருக்கிறது. அதிலிருந்து வெட்டப்படும் படிகங்களின் அளவைகளை ஏறத்தாழ 500 கிலோ சுழற்சிகளிலிருந்து ஏறக்குறைய 10,000 கிலோ சுழற்சிகள் வரை யுள்ள அலைவெண்களைப் பெறுவதற்கேற்ப அமைக்கலாம். AT அச்சு எனப்படும் ஓர் ஒளி அச்சிலிருந்து வெட்டப்படும் படிகம் 325-லிருந்து 3000 கிலோ சுழற்சிகள் வரையுள்ள அலைவெண் வீச்சில் அதற்கே உரித்தான ஒரு தனி நன்மையைப் பெற்றுள்ளது. இது வானொலி அலைபரப்பிகளின் அலைப்பான்களில் வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. BT, CT, DT வெட்டுப் படிகங்களும் உள்ளன. இவை பலவேறு அலைவெண் வீச்சுகளில் மிகுந்த பய னுடன் வேலை செய்கின்றன.

குவார்ட்ஸ் படிகங்கள் அவற்றின் இயற்கையான ஒத்ததிர்வு அலைவெண்ணில் எதிரளிக்கும் மிக உயர்ந்த அலைவெண் கிட்டத் தட்ட 16 மெகா சுழற்சிகள் ஆகும். தனியாகச் செய்யப்பட்ட தகடுகள் இயற்கையான அலைவெண்ணைப்போல் 3,5,7 மடங்குகள் உள்ள கிளைச்சுர அலைவெண்களில் (hormonic frequencies) எதி ரளிக்கும். எனவே, இவை தொலைக்காட்சிப் பரப்பிகளிலும் (television transmitters) பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன.

படிகத்தால் கட்டுப்படுத்தும் முறையைக் கொண்டு தொடர்ந்து மாற்றிக்கொள்ளக்கூடிய கட்டுக்குள்ளடங்கிய அலை வெண் வீச்சினைப் பெறமுடியாது. ஆனால், அவற்றின் மாறும் காற் றிடைவெளி வகைகளைக் கொண்டு துல்லியமாக நிச்சயிக்கப்பட்ட குறிப்பிட்ட அலைவெண்கள் சிலவற்றை உண்டாக்குவதற்குப் பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன.

வேறு படிகங்களும் விம்மல்-மின்னழுத்த விளைவுப் பண்பு களைப் பெற்றிருந்தாலும் குவார்ட்சே பெரும்பான்மை யும் வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப் பெறுகிறது. ஏனெனில், இது மலிவானது, உறுதியானது. டூர்மலின் கற்கள் வகையில் மதிப்பில் மணிகளுக்கு அடுத்த நிலையிலுள்ளது. எனவே, இது மிகவும் விலையுயர்ந்தது. ரோஷெல் உப்பு (Rochelle salt குவார்ட்சைக்காட்டிலும் மிகுந்த உணர்ச்சியுடையதானதாலும்,

இவற்றை செயற்கையாக உண்டாக்கலாமாதலானும் இவை பெருமளவில் கிராமபோன் பிக்-அப்புகளிலும் (gramaphone pick-ups), மைக்ரோஃபோன்களிலும் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. இருந்தபோதிலும், இவை மிகவும் எளிதில் உடையக்கூடியவை (fragile).

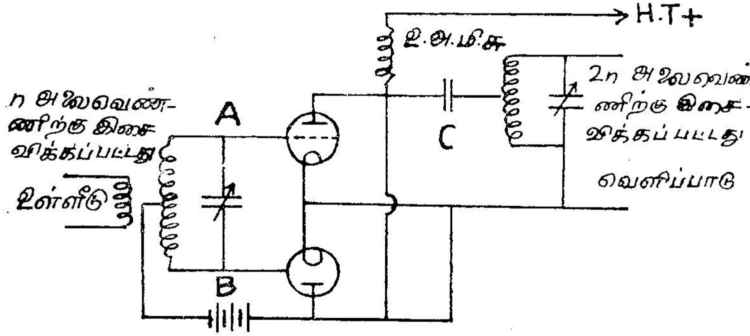
அலைவெண் பன்மடங்காக்கிகள் (Frequency multipliers) : சரியான முறையில் வெட்டிப் பதனஞ்செய்யப்பட்ட (processed) குவார்ட்ஸ் படிகங்கள் ஏறத்தாழ 15,000 கிலோ சுழற்சிகள் எனும் அலைவெண்களில் மிகுந்த பயனுடன் வேலைசெய்கின்றன. எனவே, இவற்றினும் உயர்ந்த ஊர்தி அலைவெண்களைத் தோற்றுவிக்கும் ஏதேனும் ஒரு முறை தேவைப்படுகிறது. படிகத்தை ஊர்தியின் காரணப்பகுதியான (sub-multiple) ஓர் அலைவெண்ணைத் தருவதற்கேற்ப வெட்டி, படிக அலைவெண்ணைத் தேவையான மடங்குகளால் பெருக்குவதனுல் இது பெறப்படுகிறது. காட்டாக, 10 மெகா சுழற்சிகள் எனும் ஊர்தி அலைவெண்ணில் பரப்ப விரும்புவதாகக் கொள்வோம். படிகங்கள் 5000 கிலோ சுழற்சிகள் எனும் வீச்சில் மிகச் சிறப்பாக வேலைசெய்கின்றன. 5000 கிலோ சுழற்சிகள் இயற்கை அலைவெண் உடைய ஒரு படிகத்தைப் பொறுக்கி எடுத்துக்கொண்டால் நாம் விரும்பிய 30 மெகா சுழற்சி ஊர்தி அலைவெண்ணைப் பெறுவதற்கு அதனை ஆறுல் பெருக்கவேண்டும். இந்த அலைவெண் பன்மடங்காக்குதல் மின்குழாய் அலைவெண் பன்மடங்காக்கிகளால் மிகவும் வசதியாகவும் பயனுறு திறனுடனும் செய்யப்படுகிறது.

நடைமுறையில் C வகைப் பெருக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன (பக்கம் 207ஐப் பார்க்கவும்). ஏனெனில், அவற்றில் நேர்மின் வாய் மின்னேட்டத் துடிப்புகள் உள்ளிடும் அலைவெண்ணின் கிளைசுரங்களைப் (harmonics) பெற்றிருக்கும். நேர்மின்வாயில் ஓர் இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றினைக் கொண்டு கிளைச்சுரங்களில் ஒன்றினைப் பொறுக்கியெடுக்கலாம். C வகைப் பெருக்கியில் ஒவ்வொரு நேர்பாதி சுழற்சியின்போதும் குறுகிய ஆனல் உயர்ந்த மின்னேட்டம் பாய்கிறது. இதிலிருந்து, மிகப்பெரிய செலுத்தும் சைகையும் அதனுல் அதிகமான உள்ளிடும் திறனும் கிடைக்கின்றன எனப் பொருள்படுகிறது. வேலை செய்வதனை ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புக் கோட்டின் நேர்கோட்டுப் பகுதிக்கு மிகவும் அப்பால் நீட்டவேண்டும். அ-து., மிகப்பெரிய எதிர் மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படவேண்டும். இதனுல் கணிசமான அளவு திரிபு உண்டாகிறது. இது செலுத்தும் அலைவெண்ணின் பலமடங்குகளை அல்லது கிளைசுரங்களை உண்டாக்குகிறது. இத்தகைய ஒரு பெருக்கியில் இசைவிக்கப்பட்ட தகட்டுச் சுற்றினை உள்ளிடும் சைகையின் அலைவெண்ணின் ஒரு கிளைசுரத்திற்குச் சரிசெய்யலாம்.

இச் செயல்முறையில் உயர்ந்த உள்ளிடும் திறன் தேவைப்படுவதால், அலைவெண் பன்மடங்காக்கிகள் சாதாரணமாக இரட்டிப்பவைகள் அல்லது மும்மடங்காக்குபவைகளாகப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. பன்மடங்காக்கும் பல நிலைகளைக் கையாண்டு உயர்வான அலைவெண்கள் பெறப்படுகின்றன.

C வகைப் பெருக்கிகள் இரண்டின் தள்ளு-இழு சுற்றினைப் (பக்கம் 212ஐப் பார்க்க) படம் 66-ல்காட்டியுள்ளதுபோல் பயன் படுத்தலாம்.

A புள்ளி நேர்மின்னுடையதாக இருக்கும்போது, மேல் மின் குழாய் வழியாக ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கிறது; ஆனால், கீழ்க் குழாய் வழியாக எதுவும் பாய்வதில்லை. அடுத்த பாதிச் சுழற்சியில் அதே மாதிரியான துடிப்பு கீழ் மின்குழாய் வழியாகப் பாய்கிறது. இதனால் இடைவாய்ச் சுற்றில் ஒரு முழு சுழற்சிக்கு நேர்மின் வாய்ச் சுற்றில் இரு துடிப்புகள் செல்கின்றன. இத் துடிப்புகள் C எனும் மின்னேற்பியின் வழியாகப் புறவாய்ச் சுற்றிற்கு அனுப்பப்



உ.அ.மி.சு – உயர் அலைவெண் மின் பொருண்மைச் சுருள்

படம் 66. தள்ளு-இழு அலைவெண் இரட்டிப்பான்

படுகின்றன. புறவாய்ச் சுற்று இடைவாய்ச் சுற்றினுடையதைப் போல் இருமடங்கு அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்பட்டுள்ளது. இடைவாய்ச் சுற்றுடன் படிக அலைப்பான் பிணைக்கப்பட்டுள்ளதால் புறவாய்ச் சுற்றில் படிக அலைவெண்ணைப்போல் இருமடங்கு அலைவெண் கிடைக்கிறது. இவ்வாறு புறவாய்ச்சுற்று இரட்டை அலைவெண் துடிப்புகளால் தொடர்ச்சியாக அலைவுறும் நிலையில் நிலை நிறுத்தப்படுகின்றது.

IV: வான்கம்பிகள் (Aerials)

வான் கம்பி என்பது செய்தியைச் சுமந்து செல்லும் பண்பேற்றிய ரேடியோ அலையை வெளியில் (space) கதிர்வீசும் ஒரு சாதனமாகும். எனவே, இது ஒரு மின்காந்தக் கதிர்வீசியேயாகும். இது உணர்கொம்பு (antenna) என்றும் வழங்கப்படும்.

அலைவுறும் சுற்று ஒன்று ஆற்றலை அதைச் சூழ்ந்துள்ள இடைநிலைப் பொருளில் மின்காந்த அலைகளாகக் கதிர் வீசுகின்றது (radiates). இதற்கு அலைவுகளின் அலைவெண் போதுமான அளவு பெரிதாக இருக்கவேண்டும். இந்த அடிப்படைத் தத்துவத்தில்தான் வான் கம்பிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. கதிர் வீசப்படும் விதம் அலைவுகளின் அலைவெண்ணை மட்டுமல்லாமல் அலைவுறும் சுற்றின் உருவத்தையும் பொறுத்திருக்கிறதெனக் காணப்பட்டது. எனவே, 'திறப்புச் சுற்று' (open circuit), 'மூற்றிய' சுற்று (closed circuit) என இரண்டைப் பிரித்துப் பார்ப்பது வழக்கம். திறப்புச் சுற்றுகளில் மின்னேற்பியின் இரு தகடுகளும் போதுமான அளவு தூரம் விலகி இருக்கும். இதனுல் நிலைமின் விசைக் கோடுகள் (electrostatic lines of force) சூழ்ந்துள்ள இடைநிலைப் பொருளில் நன்ருக உள்ளே நீண்டுள்ளன. எனவே, உடனடியாக அவை விடுபட்டு மின்விசையின் மூடிய வளையங்களை (closed loops) உருவாக்கும். எனவே, அவை சிறந்த கதிர் வீசிகள் ஆகும்; இவற்றிலிருந்து மிக விரைவாக ஆற்றல் கதிர்வீசப்படுகிறது. இதற்கு மாருக முற்றிய சுற்றுகளில் மின்னேற்பியின் தகடுகள் மிக நெருங்கி இருக்கும். இதனுல் விசைக்கோடுகள் தலப்பண்பு பெறுகின்றன (localised). எனவே, விடுபட்ட வளையங்கள் (detached loops) மிகுந்த தொல்லையுடனே உருவாகும்; எனவே, இவை அரிதில் கதிர் வீசிகள் (poor radiators). இவற்றிலிருந்து மிக மெதுவாகவே ஆற்றல் கதிர் வீசப்படுகிறது. வான் கம்பியின் சிறப்பான வேலை பயனுறு திறனுடன் கதிர் வீசுவதேயாதலால் இது ஓர் அலைவுறும் திறப்புச் சுற்ருகவே இருக்கவேண்டுவது அவசியம். மேலும், இது தேய்வுருத அலைவுகளைக் (undamped oscillations) கதிர்வீச வேண்டுமாதலால் இது விரைவாகக் கதிர் வீசல் வாயிலாக இழக்கின்ற ஆற்றலை ஈடுகட்டுவதற்காக இதற்குத் தொடர்ந்து ஆற்றலைக் கொடுக்க வேண்டும்.

கதிர்வீச்சுத் தடை (Radiation Resistance): வான் கம்பியிலிருந்து கதிர் வீசப்படுதலின் விளைவு அலைவுகளைத் தேய்வுறச் செய்தலாகையால், வான்கம்பி ஒரு மின்தடையின் தற்சிறப்புப் பண்புகளையுடையதெனக் கருதலாம். இது வான்கம்பியின் கதிர்

வீச்சுத் தடை (radiation resistance) எனப்படும். இதனை, கதிர் வீசல் இல்லாதபோது அதே அளவு தேய்வுறுதலை உண்டாக்குவதற்கு அலைவுறும் சுற்றில் சேர்க்கப்பட வேண்டிய மின்தடைக்குச் சமமாகக் கருதலாம். கதிர்வீச்சுத் தடை வான் கம்பியினது உயரத்தின் இருபடிக்கு நேர்விகிதத்திலும் அலைநீளத்தின் இருபடிக்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கக் காணப்படுகிறது. $R_a = K\frac{h^2}{\lambda^2}$. இங்கே R_a என்பது கதிர்வீச்சுத்தடை, K ஒரு மாறிலி, h என்பது வான்கம்பியின் விளைபயன் உயரம் (effective height), λ என்பது அலைநீளம். இதிலிருந்து, உயர்ந்த கதிர் வீச்சுத் திறனுக்கு (radiation efficiency) h/λ பெரிதாக இருக்கவேண்டுமெனத் தெரிகிறது. எனவே, மிகுந்த திறமுடன் கதிர்வீசுவதற்கு வான்கம்பியின் உயரத்தை அதிகமாக்க வேண்டும்; அலைநீளத்தைக் குறைக்க வேண்டும். இவை மற்ற நிபந்தனைகளுடன் முரண்படாமல் ஒத்திருக்க வேண்டும். காட்டாக, திறனுடன் கதிர்வீசுவதற்கு வான்கம்பியின் உயரம் அலை நீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவில் இருக்கவேண்டும். தாழ்ந்த அலைவெண்களில் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடத்தக்க அளவு உயரத்துடன் அமைப்பது எந்திரவியல்படி கடினம். மேலும் இதனால் கிடைக்கக் கூடிய கதிர்வீச்சுப் பயனுறுதிறன் குறைவு. உயர் அலைவெண் ஊர்திகளைப் பயன்படுத்துவதற்கு இதுவும் ஒரு காரணமாகும்.

வான்கம்பியிலிருந்து கதிர்வீசப்படும் திறன்: எந்த ஒரு சுற்றிலுமுள்ள திறனும் மின்தடையை மின்னோட்டத்தின் இருபடியால் பெருக்கக் கிடைக்கும். ஒரு வான் கம்பியிலிருந்து கதிர் வீசப்படும் திறன் P கீழ்க்கண்டவாறு கொடுக்கப்படுகிறது.

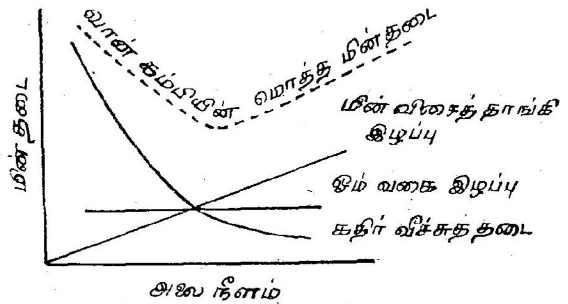
$$P = R_a I^2 = K.\frac{h^2}{\lambda^2}.I^2$$

இங்கே I என்பது வான்கம்பி மின்னோட்டத்தின் இருபடிச் சராசரியின் வர்க்க மூல (R.M.S.) மதிப்பு. மேற்கண்ட தொடர்பினால் கதிர்வீச்சுத் தடையினை வரையறுக்க முடிகிறது. அ-து., கதிர் வீச்சுத் தடையானது வான்கம்பியிலிருந்து கதிர்வீசப்படும் திறனை உள்ளிடும் மின்னோட்டத்தின் இருபடியால் வகுக்கக் கிடைக்கிறது ($R_a = P/I^2$).

வான்கம்பியின் அளவைகள் (Dimensions of an aerial) : எந்த ஒரு மின்னோட்டமும் ஒரு காந்தப் பாய்வுடன் (magnetic flux) தொடர்பு கொண்டிருக்குமாதலால் ஒரு நேர் கம்பி (straight wire) ஒரு குறிப்பிட்ட சிறிய மின்பொருண்மையைப் பெற்

றிருக்கும். அத்தகைய ஒரு கம்பி பூமியுடன் நேராக இணைக்கப்பட்டால் அது ஓர் அலைவுறும் சுற்ருகவும் வான்கம்பியாகவும் அமையும். கம்பிக்கும் பூமிக்குமிடையேயுள்ள மின்னேற்புத்திறன் கம்பியுடைய மின்பொருண்மையுடன் இசைவிக்கப்படுகிறது. இதில் ஒரு மின்னேட்டத்தைத் தொடக்கிவிட்டால் $1/2\pi\sqrt{LC}$ எனும் அலைவெண்ணுடன் இது அலைவுறும். இந்த மின்னேட்டம் இதனுடன் தொடர்புகொண்ட மின்காந்தப் புலத்தைச் சுமந்துகொண்டு வான்கம்பியின் உள்ளும் புறமும் ஓடும். அலைவெண்ணைப் போதுமான அளவு உயர்த்தினல் மின் விசையின் மூடிய வளையங்கள் மேலே விவரித்ததுபோல் உருவாகும். இவை எல்லாத் திசைகளிலும் வெளிப்புறமாகக் கதிர் வீசப்படும். இத்தகைய ஒரு வான்கம்பி இசைவிக்கக்கூடிய அலைநீளம் அந்த வான்கம்பியின் இயற்கையான அலைநீளம் (natural wavelength) எனப்படும். ஒரு வான்கம்பி அதன் இயற்கையான அலைநீளத்திலேயே சிறப்பாகக் கதிர்வீசக் காணப்படுகின்றது. ஆனல், இயற்கையான அலைநீளத்தில் வேலை செய்யும்படி ஒரு வான்கம்பியை அமைப்பது சிக்கனமன்று. எந்த அலைநீளத்தில் வேலை செய்ய வேண்டும் என்று எண்ணுகிருேமோ அதற்குப் பாதி அல்லது மூன்றில் ஒருபகுதி நீளமுடையதை அமைத்து மின்பொருண்மையைக் கொண்டு வான்கம்பியின மேனிலைக்கு இசைவித்துக் கொள்ளுதல் இதனினும் எளியதாகும். எனினும், இந்தச் செயல்முறைக்கும் ஓர் எல்லை இருக்கிறது. இந்த எல்லை அலைநீளத்திற்கேற்ப வான்கம்பியின் மின்தடை மாறுவதால் ஏற்படுகிறது. வான்கம்பியின் மின்தடை மூன்று பகுதிகளால் ஆனதாகக் கருதலாம். முதலாவதாக, வான்கம்பியிலுள்ள கம்பிகள், வான்கம்பி அமைப்பில் இசைவித்தலுக்காகச் (tuning) சேர்க்கப்பட்டுள்ள மின்பொருண்மைச் சுருள் போன்றவற்ருல் ஏற்படும் ஓம்வகைத் தடை (Ohmic resistance). இவற்றின் வழியாகப் பாயும் வான்கம்பி மின்னேட்டம் (aerial current) திறனை உட்கவர்கிறது. இவ்வாறு இழக்கப்படும் திறன் கடத்தின் ஓம்வகை இழப்பு (ohmic conductor loss) எனப்படும். மின்தடையின் இரண்டாவது பகுதி மரங்கள், கட்டடங்கள், தரை போன்றவை ஆற்றலை உட்கவர்தலால் ஏற்படும் மின்விசைதாங்கி இழப்பு (dielectric loss). மூன்ருவது பகுதி கதிர்வீச்சுத் தடையாகும் (radiation resistance). இது உண்மையில் கதிர் வீசப்படும் திறனின் அளவு. அலைவெண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க ஓம்வகை இழப்பு (ohmic loss) குறையுமாளுலும், நடைமுறையில் வேலை செய்யப் பயன்படுத்தப்படும் அலைவெண் எல்லைகட்குள் இது மாறுவதில்லை. மின்விசைதாங்கி இழப்பு அலைநீளத்துடன் நேர்விகிதத்தில் அதிகரிக்கின்றது; அதே நேரத்தில் கதிர்வீச்சுத்

தடையானது அலைநீளம் அதிகரிக்கப்படும்போது மிக விரைந்து குறைகிறது. இந்த உண்மைகள் படம் 67-ல் விளக்கிக் காட்டப் பட்டுள்ளன. வான்கம்பியின் மூன்று கூறுகளாலான மொத்த மின் தடை அலைநீளத்துக்கேற்ப சற்றேறக் குறையப் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் மாறுகிறது. வான்கம்பியின் இயற்கையான அலை நீளத்தைப்போல் இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்கு நீளங்கட்



படம் 67.

கிடையில் இந்த மொத்த மின்தடை ஒரு சிறும மதிப்பைப் (minimum value) பெற்றிருக்கிறது. இந்தச் சிறும மதிப்புவரையில் கதிர்வீச்சுத்தடை மொத்தத் தடையின் குறிப்பிடத்தக்க அளவு பெரும்பகுதியாகவே இருக்கிறது. எனவே, திருப்திகரமான அளவு கதிர்வீச்சின் பயனுறுதிறனைக் கொடுக்கிறது. இச் சிறு மின்தடை நிலைக்கு அப்பால் கதிர்வீச்சின் பயனுறுதிறன் மிகச் சிறிதாகிறது ; திறனின் பெரும்பகுதி இழப்புகளாக அழிக்கப்படுகிறது. கதிர்வீச்சுத் தடை மொத்த மின்விசைதாங்கி இழப்பிற்குச் சமமாக இருக்கும்போது கதிர்வீச்சின் பயனுறு திறனின் பெரும மதிப்புக் கிடைக்கிறது.

இந்தப் பொதுவான ஆராய்வுகளுக்கும் மேற்கொண்டு வான்கம்பியின் உண்மையான அமைப்புச் சில தனிச் சிறப்புப் பிரச்சினைகளின் குறிப்பிட்ட தேவைகளை நிறைவேற்றும் வகையில் அமையவேண்டும். காட்டாக, கதிர்வீச்சானது மின்னோட்டத்திற்கும், பயன்விளை உயரத்திற்கும் (effective height) நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. உயரத்தை அதிகரிக்கும்போது மின்னேற்புத் திறன் குறைகிறது. இதனால் மின்னோட்டம் வீழ்கிறது. ஆனால், இது வான்கம்பியின் உயரத்தை அதிகரிப்பதை ஒரேயடியாகத் தடைசெய்வதில்லை. நடைமுறையில் உயரத்தைச் சிக்கன எல்லையின் பெருமத்திற்கு உயர்த்திவிடுவதே சிறந்தது. சரியாக அரை

அலை நீளமுடைய வான்கம்பிக்குக் கதிர்வீச்சுப் பயனுறுதிறன் உயர்வாக இருக்கிறது. ஏனெனில், அரை-அலை வான்கம்பி சரியாக அமைக்கப்படும்போது அதன் கதிர்வீச்சுத் தடை 77 ஓம்கள். அதே நேரத்தில் அதன் ஓம்வகைத் தடை 1 அல்லது 2 ஓம்கள்தான்.

அத்தகைய ஒன்றின் பயனுறுதிறன்

$$= \frac{\text{வெளிப்பாடு}}{\text{உள்ளீடு}} \times 100$$

$$= \frac{\text{வெளிப்பாடு}}{\text{வெளிப்பாடு} + \text{ஓம்வகை இழப்புகள்}} \times 100$$

$$= \frac{73}{73+2} \times 100 = 97\%$$

எனவே, அரை-அலை வான்கம்பிகள் மிகச் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தொலைபேசிப் பரப்பிக்கென உள்ள வான்கம்பி ஒரு குறிப்பிட்ட சிறும மின்தடையைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்; இல்லாவிடில் வான்கம்பியிலுள்ள அலைவுகள், பண் பேற்றத்தால் தேவைப்படும் வீச்சின் மாறுதல்கட்கேற்ப அவற்றை ஒட்டிப் போதுமான அளவு விரைவாக உண்டாவதோ அல்லது அழிவதோ இல்லை. இதனால் திரிபு ஏற்படும். நாம் கவனிக்க வேண்டிய மற்றொன்று முனைகொள்ளல் (polarisation) ஆகும். நிலைக்குத்தான ஒரு கம்பியிலிருந்து பரவுகின்ற மின்காந்த அலையானது செங்குத்தான தளத்தில் உள்ள ஓர் இருதிசை மின்புலத்தாலும், கிடையான தளத்தில் உள்ள ஒரு இருதிசை காந்தப்புலம் ஆகியவற்றாலும் ஆகியது. இத்தகைய ஓர் அலை அது கடந்து செல்லும் எந்த ஒரு நிலைக்குத்தான கடத்தியிலும் ஓர் இருதிசை மின்னியக்கு விசையினைத் தூண்டுகிறது. எனவே, இத்தகைய அலைக்கு நிலைக்குத்துத்திசை தலையாய முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. இவ்வலை நிலைக்குத்துத் தளத்தில் முனைகொண்டது எனச் சொல்லப்படும். இவ்வாறே, கிடையான மின்புலத்தை உடைய அலை கிடைதளத்தில் முனைகொண்டதாகச் சொல்லப்படுகிறது. பல பரப்பும் நிலையங்கள் நிலைக்குத்துத் தளத்தில் முனைகொண்ட அலைகளைத் தோற்றுவிக்கும் நிலைக்குத்துக் கதிர்வீச்சுகளைப் பயன்படுத்துகின்றன. கிடையான தளமுனைகொண்ட அலையானது பரப்பியின் அருகிலுள்ள பூமியில் உயர்ந்த மின்னோட்டங்களைத் தூண்டுகிறது; எனவே, கதிர்வீசும் ஆற்றலில் பெரும்பகுதி வீணாகிறது. கவனிக்க வேண்டிய மற்றொரு காரணி கிளைசுரங்கள் (harmonics) ஆகும். ஒரு வான்கம்பி அமைப்பின் மின்பொருண்மையும் மின் ஏற்புத்திறனும் ஒரு புள்ளியில் செறிவாக்கம் பெற்றி

ருக்கவேயில்லை. ஆனால், அமைப்பு முழுவதிலும் பரந்து கிடக்கின்றன. இத்தகைய ஓர் அமைப்பு, பல துணை அமைப்புகளின் தொகுதியாக அமையலாம். துணை அமைப்பாகிய ஒவ்வொரு கூறும் மின்பொருண்மை, மின்னேற்புத்திறன் ஆகியவற்றின் மொத்த மதிப்பில் ஒரு பகுதியைப் பெற்றிருக்கும். மேலும், அத்தகைய பகுதிகளின் எண்ணிக்கை 2, 3 அல்லது அதனினும் அதிகமான சிறு முழு எண்களாக இருந்தால் வான்கம்பி அதனுடைய அடிப்படை அல்லது உண்மையான அலைவினைப்போல் 2, 3 அல்லது அதனினும் அதிகமான மடங்குகள் உள்ள அலைவெண்ணுடன் அலைவுறும் ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். இதனால், அடிப்படை அலைவெண்ணுடன் இரண்டாவது, மூன்றாவது அல்லது அதனினும் உயர்ந்த கிளைசுரங்களும் ஒரே நேரத்தில் தோற்றுவிக்கப்படலாம். இந்த அலைவுகள் அடிப்படை அலைநீளத்திற்கு $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$......மடங்கு அலைநீளங்களைக் கதிர்வீசச் செய்யும். இவற்றால் கதிர்வீசப்படும் திறன் அடிப்படை அலைநீளத்தில் கதிர்வீசப்படுவதின் ஒரு பகுதியாகவே இருக்கும். ஆனால், குற்றலைநீளங்களில் கதிர்வீச்சு அதிகமாக இருக்குமாதலால் இந்தக் கிளைசுரங்கள் குறிப்பிடத்தக்க அளவு தொலைதூரங்களுக்குச் செல்லும். எனவே, அடிப்படை அல்லாத மற்ற அலை நீளங்கள் பலவற்றுடன் குறுக்கிடும். இது மிகவும் விரும்பத்தகாத நிலை. இந்தக் கிளைசுரங்களைத் தோற்றுவித்தல், அவற்றின் அலைவெண்களில் வான்கம்பி அமைப்பு எந்த அளவிற்கு அலைவுறுகின்றதோ அதனைப் பொறுத்திருக்கும். இவற்றுள் சில மற்றவற்றைக் காட்டிலும் மேம்பட்டு விளங்கும். அலைவுறும் சுற்றினைக் கட்டுப்படுத்தும் காரணியாக வான்கம்பி இருக்கும்போது இதன் விளைவு முனைப்புடன் இருக்கும். தற்காலத்திய தலைமை-அலைப்பான் சுற்றினைப் பயன்படுத்தினால் இந்தத் தொல்லை பெரிதும் குறைகிறது. வான்கம்பியானது அலை ஆக்கிக்கும் வெளிக்கும் இடையே மின்தடுப்பு-பொருந்தச்செய்யும் சாதனமாகவும் செயல்படுகின்றது. இதனால் அதிகமான ஆற்றலைக் கதிர்வீசச் செய்கிறது. இதற்கு, அலை ஆக்கிக்கும் வான்கம்பிக்குமிடையே தகுந்த பிணைப்புத் தேவைப்படுகிறது. இங்கே அலைஆக்கிச் சுற்றுடன் பிணைப்பினால் பிணைக்கப்படும் மின்தடை அலைஆக்கிச் சுற்றின் தடை ஒன்றிற்கே சமமாக இருக்கிறது. ஏனெனில், பெருமத் திறன்பரப்பலுக்கு இதுவே நிபந்தனையாகும். வான்கம்பி மின்ஏற்புத்திறனின் மதிப்புப் பெரியதாக இருப்பதற்காக வான்கம்பியானது ஒன்றுக்கொன்று இடைவெளிவிட்டு வைக்கப்பட்டுள்ள பல கம்பிகளாகச் செய்யப்படுகிறது. இந்தக் கம்பிகள் பரவச் செய்வனவற்றால் (spreaders) பிரிக்கப்பட்டு ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அமைக்கப்படலாம்; அல்லது இடையிடம் விட்ட வட்டமான வளையங்களாகச் செய்யலாம் [கூண்டு

வான்கம்பி—cage aerial]. உயர்திறன் நிலையங்கள் 300-லிருந்து 800 அடிவரை உயரமான பல கம்பங்களை ஏதேனும் ஒரு வடிவ முடைய பலகோணத்தின் (polygon) மூலைகளில் நட்டு அக் கம்பங் களின் உச்சிகளின் கம்பிகள் பின்னல் ஒன்றை அமைக்கின்றன. ஏற்றலுக்கான வான்கம்பிகள் ஒப்பீட்டளவில் தாழ்ந்தவை, சிறியவை. ஏற்கும் எளிய கம்பங்களுக்கு 50-லிருந்து 100 அடி வரையுள்ள உயரத்தில் 100-லிருந்து 300 அடிவரை நீளமுள்ள தனிக் கம்பிகள் வழக்கமாகக் கையாளப்படுகின்றன.

வழக்கத்திலுள்ள வான்கம்பிகள் : இவற்றைப் பொதுவான இரு பிரிவுகளாக வகைப்படுத்தலாம். அவையாவன : உயர்த்தப் பட்ட வான்கம்பிகள் (elevated aerials), தரையிடப்பட்ட வான் கம்பிகள் (grounded aerials).

உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பி : தரைக்கு மேலே சிறிது உயரத்தில் இயக்கப்படுகிறது. இது கிடையாகவோ அல்லது நிலைக்குத் தாகவோ இருக்கலாம். பொதுவாக, இதன் நீளம் அரை அலை நீளமாக இருக்கும். இது ஒன்றுக்கொன்று ஈடு செய்யப்பட்ட இரு பாதிகளாகவும் முனைகளில் திறப்பாகவும் இருக்கும். எனவே, இது இருமுனை வான்கம்பி (dipole aerial) அல்லது சுருக்கமாக இருமுனை (dipole) என வழங்கப்படுகிறது. ஆனால், இதனை அரை-அலை இருமுனை (half wave dipole) என்று வழங்குவதே பெருவழக்காகும். இவ்வகை வான்கம்பி ஓர் ஒத்ததிர்வு நீளத்தை (resonant length) உடையது; அ-து., இது ஒத்ததிர் விற்கு இசைவிக்கப்பட்டிருக்கும். மேலும், இதன் அகவாய் மின் தடுப்பு தூய மின்தடையாகும். இந்த மின்தடை கதிர்வீச்சுத் தடைக்குச் சமம். வான்கம்பிக்கு ஊட்டுவிப்பதற்குப் பலமுறைகள் இருக்கின்றன. காட்டாக, தொடர்நிலையில் ஊட்டுவித்தல் (series fed) என்பது ஒன்று. இங்கே, செலுத்தும் கம்பியானது (trans-mission line) வான்கம்பியின் மையத்தில் அதனுடன் தொடர் நிலையாக இணைக்கப்படுகிறது. மற்றொரு முறை இணைநிலையில் ஊட்டுவித்தல் (parallel fed). இங்கே, வான்கம்பியின் முனைகள் (terminals) அல்லது அவை போன்றவற்றுடன் தொடர்நிலையாக இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு சுருளின் குறுக்கே மின்னழுத்தம் தூண் டப்படுகிறது. உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பிகள் கிட்டத்தட்ட 2 மெகா சுழற்சிகளுக்கு மேற்பட்ட உயர்அலைவெண்களில் பயன் படுத்தப்பெறுகின்றன. தாழ் அலைவெண்களில் ஓர் அலை நீளம் என்பது மிக நீண்டது. எனவே, உயர்த்தப்பட்ட அரை அலை வான்கம்பி (elevated half wave aerial) பெரியதும், விலை உயர்ந் ததுமான ஓர் அமைப்பாக இருக்கும். இந்தத் தாழ்ந்த அலை வெண்களில் பரப்புதலுக்குத் தரை அலை (ground wave) பயன்

படுத்தப்படுகிறது ; எனவே, வான்கம்பி நிலைக்குத்துத் தளத்தில் முனைகொண்ட அலைகளைத் தோற்றுவிப்பதற்கேற்ப நிலைக்குத்தாக இருக்கவேண்டும். இந்த இடத்தில் மேற்கூறியது மிகவும் குறிப்பாக உண்மையாகிறது. பரப்பப்படும் அலை வரிசையின் நடுப்பகுதியில் காட்டாக, 1000 கிலோ சுழற்சிகள் எனும் அலை வெண்ணில் அரை அலைவெண் என்பது 150 மீட்டர்கள் அல்லது ஏறத்தாழ 500 அடி. இந்த நீளமுடைய நிலைக்குத்தான வான் கம்பியைச் செய்து அதனைத் தரைக்குமேல் உயர்த்தி நிறுவுவதி லுள்ள தொல்லைகள் வெளிப்படை. உயர்த்தப்பட்ட அரை-அலை வான்கம்பியினால் உயர்ந்த கதிர்வீச்சுப் பயனுறுதிறனைப் பெறமுடியும். ஏனெனில், ஓம்வகை இழப்பு மிகக் குறைவு. வான்கம்பியினை அருகிலுள்ள கடத்திகளுக்கு அப்பால் நிறுவுவதன் வாயிலாக மின் விசைதாங்கி இழப்புகளை அநேமாக நீக்கிவிடமுடியும்.

தரையிடப்பட்ட வான்கம்பியின் (grounded aerial) கீழ்முனை தரையிடப்பட்டிருக்கும். இது கால் அலை நீளம்தான் இருக்கும். அரை அலை வான்கம்பியின் கீழ்ப்பாதியின் இடத்தைத் தரை ஏற்றுக் கொள்வதாக அ-து., தரை உண்டாக்கும் மேல்பாதியின் பிம்பம் அரை அலை வான்கம்பியின் கீழ்ப்பாதியின் இடத்தை ஏற்றுக்கொள்வதாகக் கருத முடியுமானால் தரையிடப்பட்ட வான்கம்பி உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பிக்குச் சமமாகின்றது. உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பியை நிறுவுவதில் உள்ள தொல்லைகள் பெருமளவில் வெற்றிகொள்ளப்படுவது இதிலுள்ள நன்மை யாகும். தரைக்குமேலே மின்புலம் பங்கிடப்பட்டுள்ளது. உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பியின் ஒரு பாதியினால் ஏற்படும் பங்கீட்டுக்குச் சமமாக இருக்குமாறு தரையானது குறைபாடற்ற ஒரு கடத்தியாக இருந்தால் இதனைச் செய்யமுடியும். அப்போது, வெளியில் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் மின்புலத்தின் வலுவு உண்மை யான வான்கம்பி, அதன் ஆடிப்பிம்பம் (mirror image) ஆகிய இரண்டினாலும் ஏற்படும் வலுவேயாகும். தரையிடப்பட்ட வான்கம்பி கால்அலை ஒருமுனை (quarter wave monopole) அல்லது ஒருமுனை வான்கம்பி (monopole aerial) எனப்படும். அரை அலை வான்கம்பி யிலுள்ளதுபோல் தரையிடப்பட்ட கால் அலை வான்கம்பியும் ஒத்ததிர்வு நீளமுடையது; பயன்படுத்தப்படும் அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்பட்ட ஒரு சுற்றினைப்போல் செயல்படுகிறது. இந்த ஒத்ததிர்வு நீளத்திற்கு (resonant length) நீளமான அல்லது குட்டை யான வான்கம்பியினைப் பயன்படுத்த விரும்பினால் (பரப்பும் வான் கம்பிகளில் வழக்கமாக இவ்வாறுதான் செய்யப்படும்) அத்தகைய வான்கம்பியின்மீது ஒரு மின்பொருண்மையைச் சுமத்துவதால் அதனை இசைவிக்கலாம். மேலே கூறிய காரணங்களால் தரை

வான்கம்பியானது தாழ் அலைவெண்களுக்கு நன்மையுடன் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தரையிடப்பட்ட வான் கம்பியின் கதிர்வீச்சுப் பயனுறுதிறன் உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பி யினுடையதைவிடக் குறைவாக இருக்கிறது. இழப்புகள் குறிப் பிடத்தக்க அளவு அதிகமாக இருப்பதே இதற்குக் காரணம். வான் கம்பியின் ஒரு பாதியின் இடத்தை ஏற்றுக்கொள்ளத் தக்கவாறு குறைபாடற்ற கடத்தி எனக் கருதப்படும் தரையானது உண்மை யில் மின்தடையைப் பெற்றிருக்கிறது. இத் தடை சற்றுப் பெரிதா கவே இருக்கலாம். தரைக்குள் பாயும் வான்கம்பி மின்னோட்டம் தரையின் மின்தடைவழியாக எல்லாத் திசைகளிலும் ஆரவகையில் (radially) பரவுகின்றது. இதனால் இழப்புகள் உண்டாகின்றன. இவ்விழப்புகள் சற்றுப் பெரிதாகவே உள்ளன. மேலும், அடித் தளத்தில் (base) உயர்வாக இருக்கின்ற மின்புலம் மின்விசை தாங்கி இழப்புகளை அதிகமாக்குகின்றது. இந்த இழப்புகளைக் குறைப்பதற்குத் தரை அமைப்பின் ஆரவகை(radial type of ground system) வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. பரப்பும் நிலையங் களின் வான்கம்பிகளில் சிறப்பாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்ற இவ் வகை அமைப்பில் ஏறத்தாழ அரை அலை நீளமுடைய கம்பிகள் தரை இணைப்பிலிருந்து ஆரக்கால்களாக (radially) நீட்டி வைக்கப் பட்டிருக்கும். அடுத்தடுத்த கம்பிகட்கிடையேயுள்ள கோணம் 3° இருக்கும். தரை அமைப்புடன் இணைக்கப்பட்டு அடித்தளத்தின் கீழே வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு தடுப்பு (screen) மின்விசைதாங்கி இழப்பினைக் குறைக்கிறது.

திசைப்பண்புடைய வான்கம்பிகள் (Directional aerials): ஒரு வான்கம்பியானது வழக்கமாக இருவித காரியங்களைச் செய்கிறது. பரப்பும் வான்கம்பியின் முதன்மையான வேலை பரப்பி வழங்கு கின்ற திறனைப் பயனுறுதிறனுடன் கதிர்வீசுவது ஆகும். இந்தத் திறனை விரும்பிய திசையில் செலுத்துவதும் வேண்டாத திசை களில் கதிர்வீசாமல் தடுப்பதும் இதன் இரண்டாவது வேலை என லாம். இவ்வாறே, ஏற்கும் வான்கம்பியின் முதன்மையான வேலை அதைக் கடந்து செல்லும் அலையிலிருந்து திறனைக் கைப்பற்றுவ தாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து வரும் அலைகளுக்கு ஆதரவாகவும் மற்றத் திசைகளிலிருந்து வரும் அலைகளை விலக்கியும் செயல்படுவது இரண்டாவது வேலையாகலாம். பரப்பும் வான் கம்பி (transmitting aerial), ஏற்கும் வான்கம்பி (receiving aerial) ஆகிய இரண்டிலுமே திசைப்பண்புச் செயல் (directivity property) ஆதரவு காட்டப்படும் திசையில் செலுத்தப்படும் அல்லது அத் திசையிலிருந்து ஏற்கும் திறனை அதிகரிக்கவும் உதவுகிறது. வழக்க மாக இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தனி வான்கம்பிகளைச்

சரியான இடைவெளிகளில் அமைத்து ஏற்ற முறையில் ஊட்டுவித்தலால் இந்தத் திசையினைப் பொறுக்கும் செயல் நிறைவேற்றப்படுகிறது. திசைப்பண்புடைய வான்கம்பிகளின் கட்டமைப்பு அவை அமைக்கப்படும் தனிக் காரணங்களைப் பொறுத்திருக்கும். எளிய, ஆனால் முக்கியமான சிலவற்றை இங்கே சுருக்கமாகக் கூறுவோம்:

(அ) பேவரேஜ் வான்கம்பி (Beverage aerial) : இது அமெரிக்காவில் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது தரைக்குமேல் 15-லிருந்து 20 அடிக்குள் உள்ள உயரத்தில் நிறுவப்பட்ட ஒரு நீண்ட கிடையான வான்கம்பியாகும். இது ஏற்க விரும்பும் நிலையத்தை நோக்கி ஒரு நேர்கோட்டில் பல மைல்கள் நீண்டிருக்கும். இந்த வான்கம்பி வேலைசெய்யும் தத்துவமாவது: ஏற்கும் இடத்தில் மின்புலம் உண்மையான நிலைக்குத்தாக இருப்பதில்லை; ஆனால், முன்னேக்கிச் சற்றுச் சாய்ந்திருக்கிறது. இதனால் பூமியின் மேற்பரப்பிற்கு நெருக்கமாகக் குறிப்பிடத்தக்க அளவு புலத்தின் கிடையான கூறு இருக்கிறது. எனவே, வான்கம்பியின் கிடையான உச்சியானது நிலைக்குத்தான வான்கம்பி சாதாரணமாக எவ்வாறு சைகைகளை ஏற்பதாகக் கருதப்படுகிறதோ அதேமாதிரி செயல்படுகிறது. கிடையான உச்சியானது அலை செல்லுகின்ற திசையில் பல மைல்கள் நீண்டிருப்பதால் வான்கம்பியின் வழியாக அலைசெல்லும் முழுநேரமும் அது சைகைகளைப் பொறுக்கிக்கொள்கிறது. இதனால் ஒரு கூடுதல் விளைவு உண்டாகிறது; அலை வான்கம்பியின் முனைக்கோடியை அடைவதற்குள் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க அளவு மின்னழுத்தம் உண்டாகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் வழக்கமான முறையில் வான்கம்பிக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. வேறு எந்தத் திசையிலிருந்தும் வரும் சைகைக் கம்பியில் இந்த அளவு மின்னழுத்தத்தை உண்டுபண்ணும் வாய்ப்புப் பெறுது. ஏனெனில், பல மைல்கள் பயணம் செய்த பிறகு ஒப்பீட்டளவில் திசையில் ஒரு சிறிய வேறுபாடும் பெரிதாகப் பெருக்கமடைகின்றது. எதிர்த் திசையில் வரும் எந்தச் சைகையும் வான்கம்பியின் தவறான முனையில் ஒரு மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்கும்; இதனால் ஏற்பிக்கு மின்னழுத்தம் எதுவும் கிடைக்காது. எனவே, சாதாரண திசைப் பண்புடைய சாதனத்திலிருப்பதுபோல் வான்கம்பி ஒரு திசையிலிருந்துதான் ஏற்கிறதேயன்றி இருதிசைகளிலிருந்தும் அன்று.

இந்த வகைத் திசைப்பண்புடைய வான்கம்பி குற்றலைகளுக்குக் குறிப்பிடத்தக்க அளவு பயன்படும். ஏனெனில், வான்கம்பியின் நீளம் ஏற்கப்படும் அலை நீளத்தாலேயே நிச்சயிக்கப்படுகிறது; இது 20 அல்லது 30 மீட்டர்களே இருந்தால் ஒரு மைலுக்குக் குறைவான நீளமுடைய ஒரு வான்கம்பி மிகவும் திருப்திகரமானதாக இருக்கும். எனினும், குற்றலைகளில் கற்றைகளை ஏற்றலும் பரப்ப

லும் (beam reception and transmission) சாதாரணமாகப் பயன் படுத்தப்படுகிறது. ஏனெனில், குறிப்பாக இதன் வாயிலாகத் திசைப்பண்புடைய பரப்புதலைப் பெறலாம். இதனைக் கீழே காண்போம்.

(ஆ) திருப்பி வான்கம்பி (Reflector aerial) : திருப்பி வான் கம்பி கீழ்க்கண்ட தத்துவங்களின் அடிப்படையில் அமைக்கப் பட்டுள்ளது : (1) இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இணையான வான்கம்பிகள் அதிர்வுநிலையில் வேறுபட்ட மின்னோட்டங் களைச் சுமக்குமாறு செய்தால் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையில் கதிர் வீச்சு (radiation) ஒவ்வொரு வான்கம்பியும் கதிர்வீசும் புலங் களின் வெக்டர் (vector) கூடுதலாகும். (2) திருப்பி வான்கம்பியில் முற்றொத்த (identical) வான்கம்பிகளை அலைநீளத்தின் ஒரு குறிப் பிட்ட பின்னத்தில் இடையிடம் விட்டு அமைப்பதால் அதிர்வுநிலை வேறுபாடு கிடைக்கிறது.

அடிப்படையான திருப்பி வான்கம்பியானது நிலைக்குத்தான அரை அலை வான்கம்பி ஒன்று, அதற்குப் பின்னால் கால்அலை தூரத் தில் வைக்கப்பட்டுள்ள அதனை முழுதும் ஒத்த வான்கம்பி ஒன்று ஆகியவற்றால் ஆனது. முதல் வான்கம்பியிலிருந்து வரும் கதிர் வீச்சு எல்லாத் திசைகளிலும் பரப்பப்படுகிறது. இந்த வான்கம்பி யின் வலப்புறத்தில் பரப்பப்படுவது சாதாரண முறையில் கதிர் வீசப்படுகிறது. அதற்கு இடப்புறத்திலுள்ளது முதல் வான் கம்பிக்கு ஒத்ததிர்வாக இருக்குமாறு இசைவிக்கப்பட்டுள்ள திருப்பி வான்கம்பியினை எதிர்கொள்கிறது. இத் திருப்பியில் பெறும் மின்னோட்டம் உண்டாக்கப்படுகிறது. எனவே, முதல் வான்கம்பியிலுள்ளதற்கு இம் மின்னோட்டம் 90° அதிர்வுநிலையில் வேறுபட்டிருக்கும். இப் பெறும் மின்னோட்டங்கள் அவற்றைத் தோற்றுவிக்கும் கதிர்வீச்சுகளை எதிர்த்துக் கதிர்வீசும். எனவே, திருப்பியின் இடப்புறத்தில் எந்த ஒரு புள்ளியிலும் கதிர்வீச்சுகள் ஒன்றையொன்று அழித்துவிடும். ஆனால், வலப்புறத்தில் பரவு கின்ற கதிர்வீச்சுகள் முதல் வான்கம்பியை அடைவதற்குக் கால் அலைதூரம் செல்லவேண்டியுள்ளது. எனவே, இந்தத் தூரம் செல்லும் நேரத்திற்குள் இவை மூலக் கதிர்வீச்சுக்கு ஒத்த அதிர்வு நிலையில் இருக்கும். ஆகையால், கதிர்வீச்சின் செறிவு இரு மடங்காகிறது. இவ்வாறு ஒரு திசையில் கதிர்வீச்சைச் செறிவாக்கம் பெறுமாறும் மற்றொரு திசையில் அவை அழிந்துவிடுமாறும் செய்யமுடிகிறது. மற்றத் திசைகளிலும் இவ்வகை வான்கம்பிகள் பலவற்றை அமைப்பதன் வாயிலாக மற்றத் திசைகளிலுள்ள கதிர் வீச்சுகள் இதனை ஒத்த திருப்பிகளைப் பாதிக்குமாறு செய்யமுடியும்.

தொலைதூரங்களுக்குக் குற்றலைத் தொடர்பு ஏற்படுத்துகின்ற 'கற்றை-பரப்புதல்' (beam–transmission) எனப்படும் முறையில் திருப்பி வான்கம்பிகள் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. திருப்பி வான்கம்பி அமைப்புகள் பரப்பும் இடத்திலும் ஏற்குமிடத்திலும் அமைக்கப்படுகின்றன. இந்த முறையினால் தீவிரமாக்கப்பட்ட ஆற்றலின் மிகக் குறுகிய கற்றையை விரும்பிய திசையில் மட்டிலும் கதிர்வீச முடிகிறது. ஏற்பியும் கிடைக்கக்கூடிய ஆற்றல் முழுவதையும் சேகரிக்கிறது.

வான் அலை பரப்புதலில் (sky transmission) அயன மண்டலப் (inosphere) படலங்களில் சிறந்த திருப்பத்தைப் பெறுவதற்கு ஆற்றலானது வளிமண்டலத்தின் மேல்பகுதியை நோக்கி தரைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் கதிர்வீசப்பட வேண்டும். இக்கோணம் அலை நீளத்தால் நிச்சயிக்கப்படுகிறது. இதற்காக வேண்டி மேற்கண்டவாறு கற்றைகளாகப் பரப்புவதோடல்லாமல் கதிர்வீச்சினைத் தரைக்கு ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் செறிவாக்கம்பெறச் செய்வதற்கேற்ப ஏற்பாடுகள் செய்யப்படுகின்றன. இச்சூழ்நிலைகளில் தரை அலை (ground wave) தேவைப்படாததால் வேண்டுமென்றே புறக்கணிக்கப்படுகிறது. மேலும், தொலைவிலுள்ள ஏற்கும் இடத்தின் திசையில் மட்டுமல்லாமல் வளிமண்டலத்தை நோக்கி ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலும் முடிந்த அளவு அதிகமான ஆற்றல் செறிவாக்கம் பெறுமாறு செய்யப்படுகிறது.

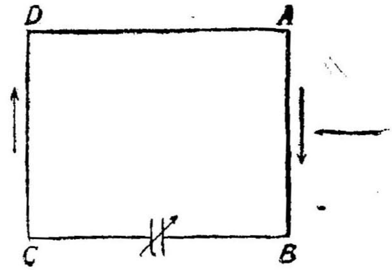
கற்றை பரப்புதல் நடைமுறையில் குற்றலைகளில்தான் முடியும் என்பதனைக் கவனிக்கவேண்டும். ஏனெனில், திருப்பியின் (reflector) அளவைகள் பரப்பப்படும் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடக்கூடியனவாக இருக்கவேண்டும் ; 1000 மீட்டர்கள் அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலை நீளங்களில் இது செய்யமுடியாத ஒன்று என்பது தெளிவு. ஆனால், 20-லிருந்து 50 மீட்டருக்குள் உள்ள அலைநீளங்களில் திருப்பிகளை அதனினும் எளிதில் அமைக்கலாம்.

(இ) அகன்ற அலைவரிசை வான்கம்பி (Wide-band aerial) : அகன்ற வீச்சுடைய அலைவரிசைகளில் திருப்திகரமாக வேலை செய்யக் கூடிய வான்கம்பியினைப் பயன்படுத்துவது பல காரியங்களுக்கு விரும்பத்தக்கது. காட்டாக, செய்தித் தொடர்பு சாதனங்களில் ஒன்றிலிருந்து ஒன்று அலைவெண்ணால் பிரிக்கப்பட்ட பல வாய்க்கால்களுக்கும் (channels) ஒரு தனி வான்கம்பியைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. தொலைக்காட்சி பரப்புதலில் வான்கம்பியை ஒரே ஒரு வாய்க்காலுக்குத் திட்டமிட்டு அமைத்துக் கொள்ளலாம். ஆனால், இந்த வாய்க்கால் மிகவும் அகலமாக இருக்கும் ; மேலும், 6 மெகா சுழற்சி அலைவரிசை

முழுமைக்கும் மாருத மின்தடுப்பினைக் கட்டாயமாகப் பெற்றிருக்குமாறு வான்கம்பி திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட வேண்டும். தொலைக்காட்சி ஏற்றலில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட வாய்க்கால்களுக்கு ஒரு சைகை வான்கம்பியினைப் (signal aerial) பயன்படுத்த விரும்புவது வழக்கம்.

அகன்ற அலைவரிசை வான்கம்பிகளைத் திட்டமிட்டு அமைப்பதில் கையாளப்படும் அடிப்படைத் தத்துமாவது: பொதுவாகக் கனமான அல்லது பருத்த வான்கம்பிகள் மெலிந்தவற்றைக் காட்டிலும் அகன்ற அலைவரிசை உடையவை. காட்டாக, ஓர் எளிய இருமுனை வான்கம்பியின் அலைவரிசையானது கனமான கம்பி அல்லது குழாய் (கம்பிகளின் கூண்டாகக்கூட இருக்கலாம்) ஒன்றினைப் பயன்படுத்தி அமைக்கப்படும்போது மெல்லிய கம்பியைக்கொண்டு செய்யும்போதுள்ளதைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கிறது.

(ஈ) **வளைய வான்கம்பி** (Loop aerial): வளைய வான்கம்பியின் தத்துவத்தைக் கீழ்க்கண்ட எளிய ஆராய்விலிருந்து எளிதில் புரிந்துகொள்ளலாம். *ABCD* எனும் ஒரு செவ்வகக் கம்பி வளையத்தின் குறுக்கே வலப்புறத்திலிருந்து இடப்புறமாக ஒரு மின்காந்த அலை செல்வதாகக் கொள்வோம் (படம் 68). அது முதலில் *AB* பக்கத்தை அடைந்து அதில் ஒரு மின் இயக்கு விசையைத் தூண்டும். *A*-லிருந்து *D*-க்குச் செல்லும்போது எந்த விளைவும் உண்டாவதில்லை. ஏனெனில், *AD*, *BC* ஆகிய பக்கங்களின் குறுக்காக அலை செல்லவில்லை. *DC*ஐ அடையும்போது முன்போல ஒரு மின் இயக்குவிசை மீண்டும் தூண்டப்படுகிறது. இது இப்போது *DC*-ல் தூண்டப்படும். *DC* ஆனது வளையத்தின் எதிர்ப் பக்கமாக இருப்பதால் இந்த மின் இயக்குவிசை *AB*-ல் தூண்டப்பட்டுள்ளதை எதிர்க்கும்; அதனால் இரண்டும் ஒன்றை ஒன்று அழிக்க முயலும். ஆனால் *AB*-ல் மின் இயக்கு விசை *DC*-ல் தூண்டப்படுவதற்குச் சிறிது நேரம் முன்னதாகவே உண்டாகிவிட்டதால் (அ-து., அலை *AB*-லிருந்து *DC*-க்குப் போக ஆகும் நேரம் முன்னதாக உண்டாகிறது) இரு மின்இயக்கு விசைகளும் அதிர்வுநிலையில் சிறிது வேறுபட்டிருக்கும். இதன்

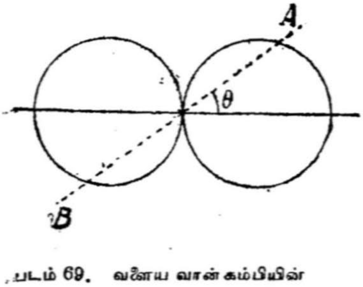


படம் 68.

விளைவாக அலை வளையத்தின் குறுக்கே செல்லும்போது ஒரு சிறிய விளைபயன் மின்இயக்குவிசை தோற்றுவிக்கப்படும். கம்பி வளையம் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்பொருண்மையைப் பெற்றுள்ளது. அதனால், வளையத்துடன் தொடர்நிலையாக ஒரு மின்னேற்பியை இணைத்து அதனால் உருவாகும் சுற்றினை அலையின் அலைவெண்ணிற்கு இசைவித்தால், சிறிய தொகுபயன் மின்இயக்கு விசை (resutant *e.m.f.*) கணிசமான அளவு மின்னோட்டங்களைத் தோற்றுவிக்கும். இம் மின்னோட்டங்களைக் கண்டு உணரலாம்.

இப்போது கம்பிவளையம் 90° திருப்பப்படுவதாகக் கொள். இந்த நிலையில் அலை *AB*, *CD* ஆகிய இரு பக்கங்களையும் ஒரே நேரத்தில் பாதிக்கும். முன்போல மின் இயக்குவிசைகள் எதிரெதிராக இருக்கும்; ஆனால், அவற்றிற்கிடையே அதிர்வுநிலை வேறுபாடு இருக்காது. எனவே, அவை தொகுபயன் ஏதும் வைக்காமல் ஒன்றையொன்று முழுவதும் அழித்துவிடும். எனவே, வளையத்தில் தோற்றுவிக்கப்படும் மின்இயக்கு விசையானது, அலை ஒரு பக்கத்தை முன்னதாக அடைவதனால் ஏற்படும் அதிர்வு நிலை வேறுபாட்டினைப் பொறுத்திருக்கிறது.

வளையத்தினை ஒரே சீராகச் சுழற்றினால் அலையால் அதில் தூண்டப்படும் மின் இயக்குவிசை ஒரு பெருமத்திலிருந்து சுழிக்கு மாறுகிறது. வளையம் நேராகப் பரப்பியை நோக்கி இருக்கும் போது பெருமமாகவும், அதற்குச் செங்கோணத்தில் இருக்கும் போது சுழியாகவும் இருக்கும். வளையத்தினை மேலும் சுழற்றினால் மின்விசை அதிகரித்து வளையம் மீண்டும் பரப்பியுடன் ஒரு நேர் கோட்டில் இருக்கும் நிலையை அடையும்போது பெருமத்தை அடையும்; வளையம் மீண்டும் நேர்கோணத்தில் இருந்தால் இரண்டாம் முறையாக இது சுழியை அடையும். மின் இயக்கு விசை வளையத்தின் நிலைக்கேற்ப மாறுவதனை ஒரு போலார் விளக்கப்படத்தைக் (polar diagram) கொண்டு கீழ்க்கண்டவாறு குறிக்கலாம்: பரப்பியின் திசையைக் குறிக்கும் ஒரு கோட்டுடன் பல்வேறு கோணங்களை உண்டாக்கும் ஒரு கோட்டினை வரைந்து அந்தக் கோட்டின் திசையில் வளையம் இருக்கும்போது அதில் தூண்டப்படும் மின் இயக்கு விசையினை அக் கோட்டில் ஒரு நீளமாகக் குறித்தால் ஒரு போலார் விளக்கப்படம் கிடைக்கும்.



படம் 69. வளைய வான் கம்பியின் போலார் விளக்கப்படம்

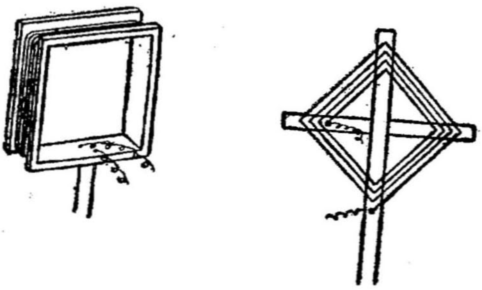
இது, வளையம் நோக்கியிருக்கும் திசைக்கேற்ப மின் இயக்கு விசை எவ்வாறு மாறுகிறது என்பதனைக் காட்டும் (படம் 69). இது எட்டின் (8) வடிவத்தில் இருக்கக் காணப்படுகிறது. இது, வளையம் நேராகப் பரப்பியினை நோக்கி இருக்கும்போது இரு பெருமங்களையும், வளையம் செங்கோணத்தில் இருக்கும்போது இரு சிறுமங்களையும் பெற்றிருக்கிறது. மின் இயக்குவிசையின் மாறுதல்கள் ஒரு கிடக்கைக் கோடாக (cosine line) அமைகின்றன. ஏனெனில், தூண்டப்படும் மின் இயக்குவிசை வளையத்தின் முன், பின் பக்கங்களுக்கிடையேயுள்ள தொகுபயனை (resultant) தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. வளையத்தின் அகலம் d ஆனால், அலையின் திசையில் தொகுபயன் தூரம் $d \cos \theta$ ஆகும். இங்கே θ என்பது வளையத்திற்கும் பரப்பியின் திசைக்கும் இடையேயுள்ள கோணம்.

இதுவரை ஒரே ஒரு சுற்றுள்ள கம்பி வளையத்தினைத்தான் பார்த்தோம். எனினும் பல சுற்றுகளையும் பயன்படுத்தலாம். ஒவ்வொரு சுற்றிலும் உள்ள மின் இயக்கு விசையானது தூண்டப்படும்; மொத்த மின் இயக்கு விசையானது ஒவ்வொரு சுற்றிலும் உள்ள மின் இயக்கு விசைகளின் கூட்டுத் தொகையாகும். பல சுற்றுகளையுடைய வளையம் ‘சட்ட வான்கம்பி’ (frame aerial) எனப்படும். சட்டத்தின் பரப்பளவு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு பெரிதாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு தூண்டப்படும் மின் இயக்கு விசையும் பெரிதாக இருக்கும்; மொத்த மின் இயக்கு விசைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையையும் பொறுத்திருக்கும். நடைமுறையில் இவற்றுள் முதல் விளைவு இரண்டாவதைக் காட்டிலும் பெரிதாக இருக்கக் காணப்படுகிறது. எனவே, எவ்வளவு முடியுமோ அவ்வளவு பெரிய சட்டத்தினைச் சில சுற்றுகளுடன் பயன்படுத்துவது பல சுற்றுகளையுடைய சிறிய சட்டத்தைப் பயன்படுத்துவதைக் காட்டிலும் சிறந்தது.

மேலே கண்ட ஆராய்வு, நிலைக்குத்துத் தளமுனைகொண்ட அலைவளையத்தின் நிலைக்குத்துப் பக்கங்களில் ஏற்படுத்தும் விளைவையே குறிக்கிறது. இதனால் விளையும் கிடையான வடிவமைப்பு (pattern) வளையத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தான சுழிக்கோட்டினையுடைய (zero line) எட்டின் (8) வடிவத்தில் உள்ளது. இதே மாதிரியான விளைவு கிடைதளத்தில் முனைகொண்ட அலையால் வளையத்தின் கிடைபக்கங்களின் ஏற்படும். இதனால் விளையும் வடிவமைப்பும் எட்டின் (8) வடிவத்தில் இருக்கும்: ஆனால், இந்த 8 நிலைக்குத்தாக இருக்கும்; இதன் சுழிக்கோடு வளையத்தின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கும். இரண்டிடத்திலும் கிடைக்

கின்ற கூர்மையான சைகை இல்லாத நிலே அல்லது சூழிச் சைகைக்கோடு வளேயத்தினேத் திசை கண்டறியும் வேலேகட்கு மிகவும் பயனுடையதாக்குகிறது. இதனேக் கீழே பார்ப்போம்.

வளேய வான்கம்பியின் நடைமுறை உருவங்கள் : படம் 70-ல் இருவகைகள் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் அளவைகள் ஒரு அலேநீளத்தோடு ஒப்பிட வழக்கமாகச் சிறிதாக இருக்கும். சட்டத்தின் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பளவில் உண்மையில் கையாளக்



படம் 70. சட்ட வான்கம்பி

கூடிய சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மின் பொருண்மையில் ஒரு வரம்பிற்குட்படுத்தப்படுகிறது. சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிக்க அதிகரிக்க மின்பொருண்மையும் விரைந்து அதிகரிக்கிறது. மொத்த மின்பொருண்மையானது தேவைப்படும் அலேவெண்ணிற்கு வசதியாக இசைவிக்கக்கூடியவாறு இருக்கவேண்டும் என்பது வெளிப்படை. நடைமுறையில் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை குற்றலேகட்கு ஏறத்தாழ 5–லிருந்து 10–க்குள்ளும் நெட்டலேகட்கு ஏறத்தாழ 50 வரையிலும் இருக்கும்.

வளேய வான்கம்பியின் பயன்கள் : ஒரு செவ்வகச் சட்டத்தின் மீது சுற்றப்பட்டுள்ள ஓர் எளிய சுருளாக அமைந்த சட்ட வான்கம்பியினே இதனினும் மிகுந்த விலேயுயர்ந்த உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பிகளுக்குப் பதிலாக ஏற்பிகளில் பயன்படுத்தலாம். சட்டத்துடன் ஒரு மின்னேற்பியினேத் தொடர்நிலேயாக இணேத்து அதனேச் சட்டத்தின் மின்பொருண்மையுடனேயே இசைவிக்கலாம். சட்டத்தினே நேராக ஏற்பியுடனேயே இணேக்கலாம். அப்போது மின்னேற்பியின் மீதுள்ள மின்னழுத்த மாறுதல்கள் முதல் மின்குழாயின் இடைவாய்க்கும் இழைக்கும் குறுக்கே தொழிற்படுத்தப்படுகின்றன. மிகச் சிறந்த நிலேகளிலும் சட்டத்திலுள்ள மின் இயக்கு விசை சில நூறு மைக்ரோ வோல்ட்டுகளே இருக்கிறது; இது ஒரு நல்ல மின்வாங்கியில் தூண்டப்படுவதில்

ஒரு பாகம்தான். எனவே, இதனைக் கண்டுபகுத்தலுக்கு முன்னால் மின்குழாய்ப் பெருக்கிகளைக்கொண்டு பெருக்க வேண்டும். இரண்டு அலைநீள வீச்சுகள் உள்ள தற்காலத்திய அலைபரப்புதல்களில் இரு வீச்சுச் சட்டங்கள் (dual range frames) தேவைப்படுகின்றன. இவைகள் அதே தத்துவத்தில்தாம் வழக்கமாக அமைக்கப்படுகின்றன; நெட்டலை வரிசை முழுவதிலும் இசைவித்தலுக்குப் போதுமான அளவு பெரிதாகச் சட்டம் ஆக்கப்படுகிறது; மேலும், குற்றலை வரிசையில் ஏற்றலுக்குத் தகுந்தவாறு மின்பொருண்மையைக் குறைப்பதற்கு இதன் பெரும்பகுதி குறுக்குச் சுற்றுக்கப்படுகிறது. சில இடங்களில், நெட்டலைப் பகுதியானது குற்றலைப் பகுதியில் தடுப்பு விளைவு (screening action) உண்டாவதைத் தவிர்ப்பதற்காக இரு பகுதிகளும் ஒன்றுக்கொன்று நேர்கோணத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. இதற்கு மாற்றுகக் குற்றலை ஏற்றலுக்கு (short wave reception) இரு பகுதிகளையும் இணைநிலையாக இணைக்கலாம்.

வான்வழிச் செலவு, கடல்வழிச் செலவு ஆகிய இரண்டிலும் திசை கண்டுபிடிப்பானுன (direction finder) வளைய வான்கம்பி மிகவும் குறிப்பாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சட்ட வான்கம்பியின் தளம் உள்வரும் அலைகளின் தளத்துடன் ஒன்றினால் (coincides) சைகைகளின் கேட்கப்படும் தன்மை (audibility) பெருமமாக இருக்கும் (அ-து., சைகைகள் மிக உரத்துக் கேட்கும்); ஆனால், தளம் அலைகளின் திசைக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும்போது, சைகைகளைக் கேட்க முடியாது. சட்ட வான்கம்பியின் இந்தத் திசைப் பண்புகள் ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையத்தின் திசைநிலையைப் (bearing) பெறுவதற்குக் கையாளப்படுகின்றன. சுழிச் சைகை நிலையையோ அல்லது மிக உரத்த சைகை நிலையையோ பயன்படுத்தலாம்; சுழிநிலையானது திசைநிலையைக் கூர்மையாகச் சுட்டிக்காட்டுவதால் சாதாரணமாக இதுவே கையாளப்படுகிறது, சட்டம் நிலையத்திற்கு முதலில் இசைவிக்கப்பட்டுப் பிறகு சைகைகள் கேளாமல் போகின்ற வரையில் சுழற்றப்படுகின்றது. இந்த நிலையில் சட்டத்தின் தளம் பரப்பும் நிலையத்தின் திசைக்குச் சரியாக நேர்கோணத்திலிருக்கும்.

சட்டம் சுழிநிலைக்கோ அல்லது பெரும-சைகை நிலைக்கோ திருப்பப்படும்போது ஒரு நிச்சயமற்ற தன்மை இருக்கிறது. அதாவது சைகை வளையத்தின் முன்பகுதியிலிருந்து வருகிறதா பின்பகுதியிலிருந்தா என்பது தெரியாது. சுழிச் சைகை, பெரும-சைகை ஆகிய ஒவ்வொன்றிற்குமே சட்டத்திற்கு இரண்டு நிலைகள் இருப்பதே இந்த நிச்சயமின்மைக்குக் காரணமாகும்.

பெரும்பாலும் அதிலும் குறிப்பாகக் கடல்வழிச் செலவில் நிலையம் இருக்கிற பொதுவான திசை தெரியும். இதனால் இந்த நிச்சயமின்மை நீக்கப்படுகிறது. ஆனால், இது தெரியாதவிடத்தில் வேறு வழிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். வான்கம்பி சுட்டிக்காட்டும் திசையினைக் கண்டுபிடிப்பதற்குச் சில நேரங்களில் திசை வான் கம்பிகள் பயன்படுந்தப்படுகின்றன. திசை வான்கம்பி என்பது ஒரு சிறிய நிலைக்குத்தான வான்கம்பியாகும். இது சைகையினைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொண்டு பின்னர் அச் சைகையினைச் சட்டத்தின் சமநிலையைக் குலைக்கும் வகையில் சட்டத்திற்கு ஊட்டுவிக்கிறது. இந்தச் சமநிலைக் குலைவானது பெரும-சைகை ஒரு திசையில் மற்றதைக் காட்டிலும் உரப்பாக (loud) இருக்கச் செய்கிறது. திசை வான்கம்பியைப் பயன்படுத்துவதற்கு முதலில் திசை வான்கம்பியைத் துண்டித்துவிட்டு, சுழிநிலையைப் பயன்படுத்தித் திசைநிலை (bearing) எடுக்கப்படுகிறது. பிறகு திசையைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு, திசை வான்கம்பியைச் சேர்த்துக்கொண்டு மிக உரத்த சைகை கிடைக்கும் வரையில் சட்டம் சுழற்றப்படுகிறது. அப்போது சட்டத்தின் மீதுள்ள ஒரு குறிமுள் (pointer) நிலையத்தின் உண்மையான திசையைக் காட்டுகிறது.

சட்ட வான்கம்பிகள் சில குறிப்பிட்ட பிழைகளுக்கு உள்ளாகின்றன. சட்டத்தைச் சரியான முறையில் அமைப்பதாலும் அளவுக் குறியீடு (calibration) செய்வதாலும் இவற்றுள் பலவற்றைத் தவிர்க்கலாம். பிழைகளின் முக்கியமான தோற்றுவாய்ச் சட்டமே ஒரு வான்கம்பியாகச் செயல்பட்டு அலைகளை ஏற்கமுற்படுவதும், சட்டத்திற்கும் தரைக்குமிடையே ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின் ஏற்புத்திறன் இருப்பதுமேயாகும். இந்த வான் கம்பி விளைவு (aerial effect) பரப்பும் நிலையத்தின் திசையைப் பொறுத்ததன்று என்பது தெளிவு. இது சாதாரணமாக மிகக் குறைவாக இருக்கும் ; ஆனால், சட்ட வான்கம்பியில் தூண்டப்படும் மின் இயக்குவிசை மிகச் சிறிதாக இருக்கும்போது, அது, சுழிநிலைக்கு அருகில் இந்த விளைவு கணிசமான அளவு இருக்கும். இதனைத் தவிர்ப்பதற்குச் சட்டத்தின் இணைப்புக் கால்களும் (leads) இணைப்புகளும் முடிந்த அளவு சமச்சீருடையனவாகச் செய்ய வேண்டும். மேலும், சட்டத்தின் மையத்தை நேராகப் பூமியுடன் இணைத்துத் தரையைப் பொறுத்தவரையில் இவை சமநிலையுடன் இருக்குமாறு கவனமாகச் சரிசெய்ய வேண்டும்.

இரவு விளைவு (night effect) எனப்படுவது பிழையின் மற்றொரு தோற்றுவாயாகும். சில குறிப்பிட்ட நிலையங்களுக்குப் பகலில் தரப்பட்ட திசைநிலைகள் நியாயமான அளவு நம்பத்தக்கனவாக இருக்கக் காணப்பட்டன (2°க்குள்). ஆனால், ஞாயிறு எழும்

போதும் ஞாயிறு படும்போதும் கண்டுணரப்பட்ட திசைநிலை குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறலாம். பெரும்பாலும் சில விநாடிகளில் 180° வரை மாறுகிறது. இருட்டிய பிறகு நிலைமை நிலையானதாகிறது; ஆனாலும், அவை நம்பத்தக்கவை அல்ல. அயன மண்டலத்தில் அலைகளின் திருப்பத்தாலும் முனைகொள்ளலாலும் இவ் விளைவு ஏற்படுகிறதென எகெர்ஸ்லே (Eckersley) காண்பித்தார். இந்த அலைகள் தரை அலைகள் செய்வதுபோல் கிடையாகச் செல்வதற்குப் பதிலாகக் கீழ்நோக்கி வருகின்றன. இந்த அலைகளின் கிடைக்கூறு (horizontal component) சட்டத்தின் கிடையான பக்கங்களில் மின் அழுத்தங்களைத் தூண்டுகிறது. இதனால், சுழிநிலை பாதிக்கப்பட்டு இராக் காலங்களில் தவறான திசை நிலைகள் கொடுக்கப்படுகின்றன. இந்த இரவுப் பிழையினை (night error) அட்காக் வான்கம்பியினை (Adcock aerial) பயன்படுத்திப் பெரிதும் தவிர்க்கலாம். அட்காக் வான்கம்பி என்பது மிகக் குட்டையான நிலைக்குத்து வான்கம்பிகளின் ஓர் இணையாகும். இவை *H* வடிவத்தில் இருக்குமாறு ஒன்றுக்கொன்று சிறிது இடம் விட்டும் அவற்றின் மையங்களில் குறுக்காக இணைக்கப்பட்டும் இருக்கும். இந்த வான்கம்பியின் செயற்பாடு நிலைக்குத்து தளமுனை கொண்ட அலைகளைப் பொறுத்தமட்டில் ஒரு வளையத்தினுடையதைப்போல் இருக்கும். அயன மண்டலத்திலிருந்து கீழ்நோக்கி வருகின்ற வான் அலைகளில் உள்ளது போன்ற கிடைதளத்தில் முனைகொண்ட அலைகள் வான்கம்பியின் கிடையான பகுதிகளில் மின் அழுத்தங்களைத் தூண்டுகின்றன. இவை ஒன்றையொன்று அழித்துவிடும்; எந்தச் சைகையையும் உண்டாக்காது. சிறிய அட்காக் வான்கம்பிகள் மிகத் தாழ்ந்த சைகைகளையே கொடுக்கின்றன. ஏனெனில், அவை ஒரே ஒரு சுற்றுடைய வளைய வான்கம்பிக்குச் சமமானவை.

கப்பல் தளத்தில் காணப்படுவதுபோலச் சட்டத்தின் அருகில் கம்பிகள், பெரிய உலோகப் பொருள்கள், கடத்திகள் இருந்தால் அவையும் சுட்டிக் காட்டப்படும் திசைநிலைகளில் பிழைகளை உண்டாக்குகின்றன. இப் பிழையை நீக்குவதற்கான ஒரே வழி சட்டத்தைத் தலத்திலேயே பயனுறுதியுடன் அளவுக் குறியீடு செய்வதாகும் (calibration). இதனால், தலத்தின் அமைப்பினால் உண்டாகும் விளைவு நிச்சயிக்கப்பட்டுவிடுகிறது. சட்டத்தைச் சுற்றியுள்ள பொதுவான மேற்கட்டுமானம் (super structure) மாறாதிருக்கும் வரையில் ஒரு தடவை அளவுக் குறியீடு செய்துவிட்டால் அது எப்போதும் திருத்தமான அளவுகளையே கொடுக்கும்.

இடங் காணல் (Position finding): ஒரு தனித் திசைநிலையானது பரப்பும் நிலையத்தின் திசையை மட்டிலுமே கொடுக்கிறது. ஒரு கப்பலோ விமானமோ அதன் இருப்பிடத்தை அறிய விரும்பினால் பல நிலையங்களிலிருந்து பல திசைநிலைகளைப் (bearings) பெறவேண்டும். தன் இருப்பிடத்தை அறிய விரும்பும் பொருள் ஒன்றுக்கொன்று சற்றுத் தூரத்திலுள்ள இரு நிலையங்களைத் தன் திசைநிலையைக் கண்டு சொல்லுமாறு கேட்கவேண்டும். இத் திசைநிலைகள் ஒரு தேசப்படத்தின்மீது குறிக்கப்படுகின்றன. இரு கோடுகளும் ஒன்றையொன்று வெட்டுமிடம் பரப்பியின் (பொருளின்) இருப்பிடத்தைக் காட்டும். திசைநிலையைக் கொடுக்கும்படி கேட்கப்படும் நிலையங்களை அவை கொடுக்கும் திசைநிலைகள் ஓர் அகன்ற கோணத்தில் வெட்டும்படி இருக்குமாறு தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். இல்லாவிடில் உண்மையில் வெட்டுமிடம் திட்டவட்டமாகத் தெரியாது. ஏனெனில், திசைநிலைகளில் ஒன்றினுடைய திசையில் அல்லது இரண்டின் திசைநிலைகளிலுமே உள்ள சிறு பிழையும் 50-லிருந்து 100 மைல்கள் வரை வேறுபட்ட முடிவைக் கொடுக்கும். மூன்று திசைநிலைகளைப் (bearings) பெறமுடியுமானால் திருத்தம் வெகுவாக அதிகரிக்கும். மூன்று கோடுகளும் ஒரு புள்ளியில் சந்திக்க வேண்டும். உண்மையில் திசைநிலைகளிலுள்ள சிறு பிழைகளால் அவை சந்திப்பதில்லை; ஆனால், ஒரு சிறிய முக்கோணத்தை உருவாக்குகின்றன. உண்மையான இருப்பிடம் அந்த முக்கோணத்தின் உள்ளே எங்கேனும் இருக்கும்.

ரேடியோத் திசைகாட்டி (Radio compass): ஓர் அளவுகருவி (meter) அல்லது சுட்டிக்காட்டும் கருவி (indicator) ஒன்றினைச் சட்ட வான்கம்பியுடன் இணைத்து விமானம், பரப்பும் நிலையத்தை நோக்கி நேராகச் சென்றுகொண்டிருக்கின்றதா அல்லது இத் திசையிலிருந்து விலகி வலம் அல்லது இடப்புறம் செல்கிறதா என்பதனை விமானிக்கு ஒரு முகப்புத் தகட்டில் (dial) சுட்டிக் காட்டமுடியும். இத்தகைய ஓரமைப்பு ரேடியோத் திசைகாட்டி (radio compass) எனப்படும். இதில் ஒரு வகையானது பறக்கும் திசைக்கு நேர்கோணத்தில் ஒரு நிலையான வான்கம்பியைப் பயன்படுத்துகிறது. விமானத்தின் முன்பகுதியிலிருந்து ஒரு பெரும சைகையைக் கொடுப்பதற்காக இதனுடன் வேறொரு நிலைக்குத்தான வான்கம்பியும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. விமானம் நிலையத்தை நோக்கி நேராகப் பறந்துகொண்டிருந்தால் அளவுகருவியில் உள்ள ஊசி, முகப்புத் தகட்டின் மையத்தில் இருக்கும். இந்தப் பாதையிலிருந்து விமானம் விலகிச் சென்றால் ஊசி, மைய நிலையிலிருந்து நகர்ந்து விமானம் பாதையிலிருந்து எந்தப் பக்கம்

விலகிச் செல்கிறது என்பதனைக் காட்டும். இந்த ஏற்பாடு வழக்கமாக வீட்டுக்குத் திருப்பும் சாதனம் (homing device) என வழங்கப்படுகிறது. ஏனெனில், இது விமானத்தை அதன் தளத்திற்கு வழிகாட்டிச் செலுத்துகிறது. வீட்டுக்குத் திருப்பும் சாதனங்கள் (homing devices) விமானங்களை வானவூர்திச் சுமப்பானுக்கு (air craft carrier) வழிகாட்டி அழைத்துச் செல்வதற்கு மிகவும் பயனுள்ளன.

ரேடியோத் திசைகாட்டியின் வேறொரு வகையும் மேற்கூறிய அதே தத்துவத்தில்தான் வேலை செய்கிறது. ஆனால், இதில் சட்டத்தைச் சுழற்ற முடியும்; இதுதான் இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடு. இந்தச் சுழற்சியானது பாதைவிட்டு விலகிச் செல்லும் போதும் பறக்கும் திசையை மாற்றாமல் நிலையங்களின் திசை நிலைகளை அறிய விமானிக்கு உதவுகிறது. இதனுடைய சிறப்பான நன்மை என்னவென்றால், இதனைக்கொண்டு இழுப்பிற்கு (drift) திருத்தங்கள் செய்ய முடியும்; நிலையான சட்டமுடைய வீட்டுக்குத் திருப்பும் சாதனங்களில் இதனைச் செய்ய முடியாது. தானியங்கு ரேடியோத் திசைகாட்டியில் (automatic radio compass) தானியங்கு தொலைக் கட்டுப்பாடு நுணுக்க அமைப்பு (servomechanism) ஒன்று சட்டத்தின் சுழித்திசை எப்போதும் உள்வரும் அலையை நோக்கியே திரும்பி இருக்குமாறு செய்கிறது. அப்போது விமானி செய்யவேண்டியதெல்லாம் விரும்பும் பரப்பிக்கு இசைவித்தலே. சட்டமும் அதனுடன் உள்ள குறி முள்ளும் தாமாகவே பரப்பியின் திசையைச் சுட்டிக்காட்டும்.

V. ரேடியோ அலைகளைப் பரப்புதல்

பரப்பும் வான்கம்பியிலிருந்து பண்பேற்றப்பட்ட ஊர்தி அலை கதிர் வீசப்படும்போது அது எல்லாத் திசைகளிலும் ஒளியின் வேகத்தில் பரவுகின்றது. தூரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க அதன் வீச்சு (amplitude) குறையும். ஏனெனில், ஒரே அளவு மின்காந்த ஆற்றல் மேலும்மேலும் அதிகமாகின்ற மேற்பரப்பில் பரவுகின்றது. மின்காந்த அலைகளைத் தொலைவிலுள்ள இடத்திற்குப் பரப்புதலைப் பாதிக்கின்ற வேறு பல காரணிகளும் உள்ளன. காட்டாக, இடைநிலைப் பொருள், இடைநிலைப்பொருளில் ஏற்படக் கூடிய பல்வேறு நிகழ்ச்சிகள், அலைகளின் அலைவெண் இவற்றை இப்போது பார்ப்போம்.

பரப்புதலுக்கான இடைநிலைப் பொருள்: நன்கறியப்பட்ட, பெருமளவில் பயன்படுத்தப்படும் இரு இடைநிலைப் பொருள்கள் பூமியும் (earth) அயனமண்டலமும் (ionosphere) ஆகும். இவை

களை ஒட்டி ஒரு வான்கம்பியிலிருந்து வெளிவிடப்படும் கதிர் வீச்சினை இருபகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன : ஒன்று, தரைஅலை (ground wave) அல்லதுமேற்பரப்பு அலை (surface wave); இது பூமியின் மேற்பரப்பின்மீது செலுத்தப்படுகிறது. மற்றொன்று, வான் அலை (sky wave) அல்லது வெளி அலை (space wave). இது வெளிக்குள்ளாக மேல்நோக்கிப் பரப்பப்பட்டு அயனமண்டலத் தால் திருப்பமடைந்து பூமிக்குத் திரும்பி வருகிறது. உண்மையில் இவ்வலைகள் ஒரே அலைமுகப்பின் (wavefront) பகுதிகளே ஆகும்.

தரை அலை (Ground wave) : பூமியானது செலுத்தும் கம்பி யின் (transmission line) ஒரு கடத்தியாகச் செயல்பட்டு அலையைத் தன்னுடைய வளைந்த மேற்பரப்பின் வழியாக வழிகாட்டி அழைத்துச் செல்கிறது. இவ்வாறு தரை அலைகள் அமைகின்றன. மின்காந்த அலைகள் பூமியை வெட்டும்போது அதில் ஓர் இருதிசை மின்இயக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. அதனால், பூமியில் இரு திசை மின்னோட்டம் ஒன்று பாய்கிறது. தரையில் உள்ள அலை களின் அமைப்பு மேற்பரப்பிற்குமேலே காற்றிலுள்ள அலைகளைக் காட்டிலும் குறைவான வேகத்துடன் செல்கின்றது. மேலும், தொடக்கத்தில் பூமியின் மேற்பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக இருந்த அலைமுகப்பு (wavefront) முன்னோக்கிச் சாய்கிறது. இதனால் இயக்கத்தின் திசை கீழ்நோக்கிச் சாய்கிறது. இந்தப் பூமி மின் னோட்டங்களின் வழிகாட்டும் விளைவினால் கிடையாகப் பரப்பப் பட்ட அலை பூமியின் வளைவினையொட்டிச் செல்லும்படி செய்யப் படுகிறது. கீழ்நோக்கி ஓடும் ஆற்றல் பூமி மின்னோட்டங்களில் அழிந்துபோகும் திறனைக் கொடுக்கிறது. தரையானது குறை பாடற்ற கடத்தியாக இருந்திருக்குமானால் இந்தப் பூமி மின்னோட் டங்கள் இழப்பு ஏதுமில்லாமல் பாய முடியும் ; அப்போது அலை பாதிக்கப்படாது. ஆனால், தரை மின்தடையை அல்லது ஓரள விற்கு உட்பட்ட கடத்தும் திறனைப் பெற்றுள்ளது. இதனால் இந்த பூமி மின்னோட்டங்களைப் பாயச் செய்வதற்கு ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது ; இந்த ஆற்றல் அலையிலிருந்து உட்கவரப் பட்டுத் தரையில் வெப்பமாக வீணாகிறது. இதன் விளைவாக அலை மெலிகின்றது (attenuated) அல்லது தூரத்தின் காரணமாகக் குறைவதைவிட (அலை வான்கம்பியிலிருந்து தூரமாகச் செல்லச் செல்ல அதிகமான பரப்பில் பரவுதலால் இது உண்டாகும்) அதிகமாக இதன் வலு குறைகிறது. மெலிதல் பூமியின் மேற்பரப் பின் பொருளையும், அலையின் அலைவெண்ணையும் பொறுத்திருக் கிறது. உலர்ந்த மண் போன்ற மிகுந்த மின்தடுப்புடைய மேற் பரப்பில் திறன் அழிவுகள் ஒப்பீட்டில் அதிகம்; தாழ்ந்த மின் தடுப்புடைய கடலின்மீது இழப்புகள் ஒப்பீட்டில் குறைவு. கடல்

நீர்மீது 1000 மைல் வீச்சுடைய ஒரு நிலையம் உலர்ந்த மண்ணின் மீது 60 மைல் வீச்சையே பெறும் என ஸென்னெக் (Zenneck) காட்டினர். அலைவெண்ணைச் சார்ந்திருப்பதைப் பொறுத்த மட்டில் பொதுவாக, அலையின் அலைவெண் அதிகமானல் மெலிதலும் (attenuation) அதிகமாக இருக்கும். 300 கி.சு. (Kc)-க்குக் கீழான அலைவெண்களில் தரை அலை மிகக் குறைவாகவே மெலிவுறுகின்றது ; இதனை 1000 மைல்களும் அதற்கு மேலுமுள்ள தூரங்களுக்குத் தொடர்பு கொள்வதற்குப் பயன்படுத்தலாம். நியாயமான அளவு பரப்பும் திறனைப் பயன்படுத்திப் பயனுறு திறன் மிக்க பரப்பி, ஏற்பி வான் கம்பிகளைக் கொண்டு 10,000 மைல்கள் வரையுள்ள தூரங்களில்கூடத் திருப்திகரமான சைகையைப் பெறக்கூடும். ஒலிபரப்பும் நிலையங்களின் பகற்பொழுதைய ஏற்றல் முழுவதும் தாழ் அலைவெண் தரை அலைகளாலேயே நடக்கிறது. தரை அலைப் பரப்பலுக்கு நிலைக்குத்தான வான்கம்பிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஏனெனில் தரைஅலை எப்போதும் நிலைக்குத்தான தளத்திலேயே முனைகொண்டிருக்கும் ; இதில் மின்விசையின் கிடைக்கூறு எதுவும் இருந்தால் அது பூமிக்குப் பாய்ந்து விடுகிறது. அலைவெண் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு உயர்வாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு தரை அலை மெலிவும் அதிகமாக இருக்கும். 30 மெகா சுழற்சிக்கு மேற்பட்ட அலைவெண்களில் தரை அலை மிக விரைவாக மெலிவுறுகின்றது. இதனுல் பூமி மின்னேட்டங்களின் வழிகாட்டும் விளைவு முக்கியமற்றதாகின்றது; இதன் வீச்சு, கண்பார்வை வீச்சுதான் இருக்கும். அப்போது நேர் அலைகளைக் கொண்டே தொடர்பு கொள்ளலாம் ; இதற்கு மிக உயரமான வான்கம்பிகள் தேவைப்படுகின்றன. பரப்பும் வான் கம்பி, ஏற்கும் வான்கம்பி ஆகியவற்றின் உயரங்கள் முறையே 800 அடியாகவும் 50 அடியாகவும் இருக்கும்போது பெரும் பார்வை வீச்சு 50 மைல்கள்தான் என கணக்கீடுகள் காட்டுகின்றன.

வான் அலை (Sky wave): அயனமண்டலம் அயனியாக்கம்பெற்ற பல படலங்களால் ஆனது, அ-து., மின்சாரத்தைக் கடத்தும் படலங்களாலானது. இந்தப் படலங்கள் புவியின் வளிமண்டலத்தின் மேல் பகுதிகளில் அதிகமான உயரங்களில் உள்ளன. வளிமண்டலம் ஞாயிற்றிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர் வீச்சிற்கு (ultra-violet radiation) உட்படுத்தப்படுகிறது; மேலும் இது மின்னேற்றமுடைய துகள்களால் தாக்கப்படுகிறது. இத் துகள்களில் சில ஞாயிற்றிலிருந்தும் மற்றவை அண்டக் கதிர்களிலிருந்தும் (cosmic rays) வருகின்றன. புற ஊதாக் கதிர்களும் மின்னேற்றமுடைய துகள்களின் மோதல்களும், வளி மண்டல வாயுக்களின் மூலக்கூறுகளை அயனியாக்கி நேர்மின் அயனிகளையும் கட்டுப்பாடில்

லாத எலெக்ட்ரான்களையும் தோற்றுவிக்கின்றன. மூலக்கூறுகள், அயனிகள், எலெக்ட்ரான்கள் யாவும் தொடர்ந்து இயக்கத்தி லிருப்பதால் அவற்றிற்கிடையே அடிக்கடி மோதல்கள் ஏற்படு கின்றன. ஒரு நேர்மின் அயனி ஓர் எலெக்ட்ரானுடன் மோதும் போது அவை மீண்டும் இணைந்து ஒரு நடுநிலை மூலக்கூறினை (nuetral molecule) உண்டாக்கலாம். இந்த மீண்டும் இணைகின்ற செய்முறை எல்லா நேரத்திலும் தொடர்ந்து நடைபெறுகின்றது. எனவே, ஒரு மூலக்கூறு ஒரு தடவை அயனியாக்கப்பட்டுவிட்டால் அது அறுதியற்று எப்போதும் அப்படியே இராது. மீண்டும் இணைவதற்கு இது எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் பல காரணிகளைப் பொறுத்திருக்கிறது; ஆனால், குறிப்பாக வாயுவின் துகள்களுக்கு இடையேயுள்ள சராசரி தூரத்தைப் பொறுத்திருக்கிறது. வளி மண்டலத்தின் உயரமான மேற்பகுதிகளில் உள்ளதுபோல ஒரு குறிப்பிட்ட பருமனில் சில துகள்களே இருக்குமானால் மோதல்கள் அடிக்கடி நிகழாது. எனவே, மீண்டும் இணைவதற்கான வாய்ப்புக் குறைவாக இருக்கும்; காற்றுத் துகள்கள் நீண்ட நேரத்திற்கு அயனியாக்கப்பட்ட நிலையிலேயே இருக்கும். புவியினது வளி மண்டலத்தின் கீழ்ப்பகுதியில் அதே அளவு பருமனில் மிகப்பல துகள்கள் இருக்கின்றன. அதனால் மோதல்கள் அடிக்கடி ஏற்படு கின்றன; மீண்டும் இணையும் வீதம் உயர்வாக இருக்கிறது. எனவே, காற்று மூலக்கூறுகள் அயனியாக்கப்பட்ட நிலையிலேயே நீண்ட நேரம் இருப்பதில்லை. வளிமண்டலத்தின் கீழ்ப்பகுதியில் மிகக் குறைவான அயனியாக்கம் இருப்பதற்குரிய மற்றொரு காரணம், ஞாயிறு, மற்றத் தோற்றுவாய்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து வருகின்ற அயனியாக்கும் கதிர் வீச்சுகள் வளிமண்டலத்தின் மேற்பகுதிகளில் பெருமளவு உட்கவரப்படுவதேயாகும்; இதன் விளைவாக ஏறத் தாழ 30 மைல்களுக்குக் கீழே அயனியாக்கம் மிகக் குறைவாக இருக்கிறது. 250 மைல்களுக்கு மேலே அயனியாக்கப்பட வேண்டிய காற்றுத் துகள்கள் மிகச் சிலவே இருக்கின்றன. இதனால் அயனியாக்கத்தின் அடர்த்தி மிகக்குறைவாக இருக்கிறது. இடைநிலைப்பட்ட உயரங்களில் கணிசமான அளவு அயனியாக்கம் இருக்கிறது. இவ்வாறாகப் புவிக்கு மேலே 30 மைல்களுக்கும் 250 மைல்களுக்கும் இடைப்பட்ட பகுதியே அயனமண்டலம் இருக் கும் பகுதியாகும். சராசரி அயனியாக்கம் உயர்வாக உள்ள பகுதி கள் குறைந்தது இரண்டாவது இருப்பதாகக் கண்டறியப்பட்டது. இவை கென்னலி-ஹெவிசைடு படலமும் (Kennelly-Heaviside ayer) (*E* மண்டலம்) அதனினும் உயர்ந்த அயனியாக்கமுடைய படலமான ஆப்பிள்டன் படலமும் (Appleton layer) (*F* மண்டலம்) ஆகும். கென்னலி-ஹெவிசைடு படலத்தின் பெரும் அயனியாக் கம் 50-லிருந்து 90 மைல்களுக்குள் மாறுகிறது. ஆப்பிள்டன்

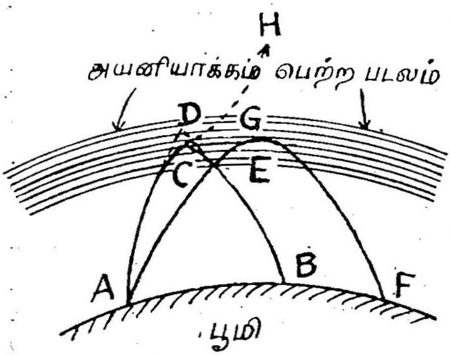
படலத்தின் பெரும் அயனியாக்கம் 100 மைலுக்கும் 250 மைலுக்கும் இடைப்பட்ட உயரத்தில் இருக்கிறது. சில வேளைகளில் உயர்ந்த அடர்த்தி உடைய அயனியாக்கம்பெற்ற வேறு மண்டலங்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. அயனமண்டலத்தில் பல படலங்கள் ஏன் இருக்கின்றன என்பதற்குரிய காரணம் என்னவென்றால், வளிமண்டலத்திலுள்ள பலவேறு வாயுக்கள் வேறுபட்ட அழுத்தங்களில், அதாவது புவியினது மேற்பரப்புக்கு மேலே வெவ்வேறான உயரத்தில் அயனியாகின்றன என்பதும், வேறுபட்ட ஆழங்களுக்கு ஊடுருவிச் செல்லுகின்ற அண்டக்கதிர்கள் போன்ற அயனியாக்கிகள் இருக்கின்றன என்பதுமே ஆகும்.

பரப்பும் வான்கம்பியிலிருந்து மேனோக்கிக் கதிர்வீசப்பட்ட ஆற்றல் அதாவது, வான் அலை புவிக்குத் திரும்பி வராமல் அதன் பாதையிலேயே தொடர்ந்து செல்லுமானால் ரேடியோத் தொடர்பைப் பொறுத்தவரையிலும் அது வீணான ஆற்றலாகும். நற்பேறாக, சில குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைகளில் இது அயனமண்டலத்திலிருந்து திருப்பமடைகிறது. திருப்பமடைந்த அலை பூமியில் வான் கம்பியிலிருந்து தரை அலை சென்றிருக்கக்கூடியதைவிட அதிகமான தூரத்திற்குத் திரும்பி வருகிறது. இவ்வாறாகப் பேரளவில் நீண்ட தூரத் தொடர்பு கொள்ள இயலுகின்றது. இத்தகைய ஒரு முடிவினைப் பெறக்கூடிய நிலைமைகளை இப்பொழுது நாம் கண்டுபிடிப்போம்.

பொதுவாக ஒரு மின்காந்த அலையானது நகரக்கூடிய மின்னேற்றங்களையுடைய ஒரு கடத்தும் இடைநிலைப்பொருளைத் தாக்கினால் இம் மின்னேற்றங்கள் படு அலையின் (incident wave) மின்புலத்தினால் இயங்கும்படி செய்யப்படுகின்றன. இந்த அலைவுறும் மின்னேற்றங்கள் ஒரு மின்காந்த அலையினை அதாவது திருப்பமடைந்த அலையினைக் கதிர் வீசும். இடைநிலைப் பொருளில் சிறிது தூரம் கடந்து செல்வதில் படு அலையானது மின்னேற்றங்களுக்கு ஆற்றலைக் கொடுப்பதனால் தன் ஆற்றலை இழக்கிறது. இவ்வாறாக அது மெலிகிறது (attenuated). மின்னேற்றங்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வெப்பமாக இழுக்கப்படுகிறது. எஞ்சியது திரும்பக் கதிர் வீசப்படுகிறது. அலையின் ஒரு பகுதி கடத்தப்படுகிறது (மேலும் விலகல் அடைகிறது ; ஒரு பகுதி இடைநிலைப் பொருளின் வழியாகச் செல்லும் பயணத்தில் ஒவ்வோர் இடத்திலும் திருப்பமடைகிறது. இடைநிலைப் பொருளானது கட்டுப்பாடற்ற மின்னேற்றம் பலவற்றைப் பெற்றிருக்கும் உலோகமாக இருந்தால் அலை கணிசமான அளவு ஆழம் ஊடுருவிச் செல்வதற்கு முன்னதாகவே படு ஆற்றலின் பெரும் பகுதி பின்

னேக்கித்திருப்பம் அடைகிறது. ஆனால், இடைநிலைப் பொருளானது ஓர் அளவு பருமனில் சில மின்னேற்றங்களையே (ஒப்பீட்டில்) பெற்றிருக்கின்ற அயனியாக்கப்பட்ட வாயுவாக இருந்தால் அலை கணிசமான தூரம் கடந்து செல்வதில் மிகக்குறைந்த ஆற்றலையே இழக்கிறது; திருப்பம் குறைவாகவே (ஒப்பீட்டில்) இருக்கிறது.

A எனுமிடத்திலுள்ள பரப்பும் வான் கம்பியிலிருந்து ரேடியோ அலை படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் (படம் 71)பரப்பப்படுகிறது எனக்கொள். அயனமண்டலத்திற்குள் நுழையும் வரை அதன் பாதை ஒரு நேர் கோடாக உள்ளது. பிறகு பாதை மேற்கூறிய காரணங்களால் வளைக்கப்படுகிறது. அயன அடர்த்தி அதிகமான மண்டலங்களுக்குச் செல்லச் செல்லப் பாதை மேலும் மேலும் வளைகிறது. எப்பொழுதும் அலை, உயர்ந்த அடர்த்தியுள்ள மண்டலங்களிலிருந்து தாழ்ந்த அடர்த்தியுள்ள மண்டலங்களை நோக்கியே வளைக்கப்படுகிறது. அலையின் அலைவெண் படலங்களிலுள்ள அயன அடர்த்தி, நுழையும் கோணம் (angle of entry) ஆகியவை சாதகமாயிருந்தால் அலை போதுமான அளவு கீழ்நோக்கி வளைக்கப்படுகிறது. ஆதலால் அது இறுதியில் அயனமண்டலத்திலிருந்து வெளிவந்து தரைக்குப் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் *B* எனும் இடத்திற்குத் திரும்பி வருகிறது.



படம் 71. அயனியாக்கம் பெற்ற படலத்தில் வான் அலை திருப்பமடைதல்.

அயனமண்டலத்தில் அலையின் உண்மையான பாதை படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் ஒரு வளைகோடாக இருக்கிறது. இது ஒரு முப்பட்டகத்தில் (prism) ஒளி விலகுதல் (refraction) போன்று அலை விலகுதலினால் ஏற்படுகிறது. எனினும், அலை விலகலடைகிறது என்பதனைக் காட்டிலும் திருப்பமடைகிறது எனக் கருதுவது எளிமையானது. அப்போது அலையின் பாதையினைப் படத்தில் சுட்டிக்காட்டியுள்ளதுபோல *AD*, *DB* ஆகிய நேர் கோடுகள் எனத் தற்புனைவாகக் கொள்ளலாம். இது ஓர் ஆடியில் ஓர் ஒளிக்கதிர் திருப்பமடைவதனை ஒக்கும். அயனமண்டலத்தில் படுகோணமும் (angle of incidence) திருப்பக் கோணமும் (angle

of reflection) சமமெனக் கருதுவதால் அலை பரப்பியிலிருந்து சிறிது தூரத்தில் தரைக்கு வந்துசேரும்; மேலும் அயனமண்டலத்துள் நிலைக்குத்தாக (vertically) நுழைகின்ற ஓர் அலை திருப்பமடைந்து புறப்பட்ட இடத்திற்கே வந்துசேரும்; அலையானது நிலைக்குத்துக் கோட்டுடன் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமான கோணத்தை உண்டாக்குகிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு அலை புறப்படும் இடத்திற்கும் திரும்பி வந்துசேரும் இடத்திற்கும் உள்ள தூரம் அதிகமாக இருக்கும். (இது படத்தில் ACB, AEF ஆகியவற்றால் காட்டப்பட்டுள்ளது.) அயனியாக்கம் பெற்ற படலத்தின் உள்ளே நிகழும் விலகலை எடுத்துக்கொண்டால், தகுந்த நிலைகளில் ஓர் அலை படலத்தினுள் நுழைந்து பூமியின் வளைவிற்கு அனேகமாகச் சமமான வளைவுடைய பாதையில் செல்ல முடியும். அத்தகைய ஓர் அலை பூமிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுவதற்கு முன்னால் அயனமண்டலத்தில் கணிசமான அளவு தூரம் செல்லலாம். அலை பூமிக்குத் திரும்பும் இடத்திற்கும் பரப்பிக்கும் இடையேயுள்ள தூரமானது நேரடியாக அலை திருப்பமடைந்து தரையை அடையும் தூரத்தைக் காட்டிலும் மிகப்பெரிதாக இருக்கும். அயன மண்டலத்தில் பல திருப்பங்கள் நிகழ்வதும் கூடும்; அ-து., அலை அயனமண்டலத்தினால் தரைக்குத் திருப்பப்படுவதற்கு முன்னால் அயனமண்டலத்தின் ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்துக்குத் திருப்பப்படுதல்.

பரப்பப்படும் அலையின் அலைவெண் போதுமான அளவு அதிகரிக்கப்பட்டால் அலை தரைக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படாமல் போகக்கூடிய ஒரு நிலை ஏற்படக்கூடும். இந்த நிகழ்ச்சியில் அலை மேற்கொள்ளும் பாதை படம் 71-ல் $ACGH$ஆல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அயனமண்டலத்தை அடையும் வரையில் பாதை நேர்கோடாக இருக்கிறது. பிறகு வளைக்கப்படுகிறது; ஆனால், முன்போல் அவ்வளவு அதிகமாக வளைக்கப்படுவதில்லை. ஏனெனில், உயர் அலைவெண்ணுடைய அலைகள் அயனமண்டலத்தில் வளைக்கப்படுவது தாழ் அலைவெண் அலைகள் வளைக்கப்படுவதைக் காட்டிலும் கடினம். G-ல் அயன அடர்த்தி பெருமமாக உள்ளது. எனவே, அலை இதனைக் கடந்து செல்லும்போது அடர்த்தி அதிகமான மண்டலத்திலிருந்து அடர்த்தி குறைந்த மண்டலத்திற்குச் செல்கிறது. இதனால் பாதை முன் வளைந்த திசைக்கு எதிர்த்திசையில் வளைகிறது. எனவே, அலை கீழ்ப்புறமாகப் பூமியை நோக்கி வளைக்கப்படுவதில்லை. மாறாக அலை படலத்திலிருந்து மேற்புறமாக வெளிப்படுகிறது. எனவே, இந்த மண்டலத்திற்கு உயரே இதனினும் அதிக அயன அடர்த்தி உள்ள வேறொரு படலத்திலிருந்து இந்த அலை திருப்பப்பட்டாலொழிய இது இழக்கப்படுகின்றது. அயனியாக்கம் பெற்ற படலத்தின் செங்குத்துக் கோடு வழியாகப் படும்

அலையானது அப் படலத்தை ஊடுருவி நேராகச் சென்றுவிடும் அள வில் அலையின் அலைவெண் இருக்குமானால் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறு தானக் கோணத்திற்குக் குறைவான கோணத்தில் படலத்தை அடைகின்ற அலைமட்டிலும்தான் திருப்பமடையும். இந்த நிலை களில் வான் அலைகளைப் பரப்பக்கூடிய ஒரு சிறும வீச்சு (minimum range) உள்ளது. அலைவெண் அதிகமாகவும் படலங்களிலுள்ள அயன அடர்த்தி குறைவாகவும் இருந்தால் திருப்பமடைதல் சாத்தியமா வதற்கு நிலைக்குத்துக்கோட்டிற்கும் அலையின் திசைக்கும் இடையே யுள்ள கோணம் பெரிதாக இருக்கவேண்டும்; வான் அலை பரப்பப் படக்கூடிய சிறும வீச்சின் அளவு அதிகமாக இருக்கும்.

மாறுதான அலைவெண்கள் (Critical frequencies) : அலை வெண்ணின் எந்தப் பெரும மதிப்பு வரையில் நிலைகுத்தாக மேனோக்கி அனுப்பப்படும் அலைகள் படலத்தால் திருப்பி அனுப்பப் படுகின்றனவோ அலைவெண்ணின் அந்தப் பெரும மதிப்பே அப் படலத்தின் மாறுதான அலைவெண் (critical frequency) எனப்படும். ஒரு குறிப்பிட்ட படலத்தின் மாறுதான அலைவெண்தான் அந்தப் படலத்தைப் பயன்படுத்தித் தொடர்பு கொள்வதற்குப் பயன் படுத்தக்கூடிய உயர்ந்த அலைவெண் அன்று. ஏனெனில், அதனினும் உயர்ந்த அலைவெண்ணுடைய அலையை அப் படலத்தால் திருப்ப மடையச் செய்வதற்கு அந்த அலையின் பாதை தரையுடன் உண் டாக்கும் கோணத்தைக் குறைத்தால் போதும். இரு குறிப்பிட்ட நிலையான இடங்களுக்கிடையே தொடர்பு கொள்வதற்கு அலை யானது படலத்துடன் உண்டாக்கும் கோணம் படலத்தின் உயரத் தையும் அவ்விரு புள்ளிகளுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் உள்ள படலத் திற்கு, பரப்பும் இடத்திற்கும் ஏற்குமிடத்திற்கும் இடையேயுள்ள ஒவ்வொரு தூரத்திற்கும் இயைந்த ஒரு குறிப்பிட்ட கோணம் θ உள்ளது. அத்தகைய இரு புள்ளிகளுக்கிடையே வான் அலையால் தொடர்பு கொள்வதற்குப் பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண் $f_{\text{பெருமம்}} = f_{\text{மாறு}}/\cos\theta$ எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இங்கே $f_{\text{மாறு}}$ என்பது திருப்பமடையும் நிலையில் மாறுதான அலைவெண்; θ என்பது அலையின் பாதைக்கும் நிலைக்குத்துக்கோட்டிற்குமிடையே யுள்ள கோணம். இரு இடங்களுக்கிடையே பரப்புதலுக்குப் பயன் படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண்ணானது பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண் (maximum usable frequency) என அழைக்கப் படுகிறது. பரப்பும் இடத்திற்கும் ஏற்கும் இடத்திற்கும் இடையே யுள்ள தூரம் அதிகரிக்கப்படும்போது ஒரு வரம்பு உண்டாகிறது. இங்கே, பூமியின் வளைவினால் அலையின் பாதை பூமியின் மேற் பரப்பிற்கு இவ்விரு இடங்களிலும் தொடுகோடுகளாக அமை

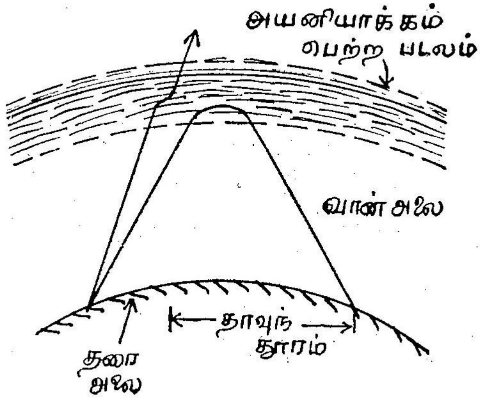
கின்றது. இந்த வரம்பிடும் தூரத்திற்கு (limiting distance) இயைந்த கோணம் θ ஆனது F படலத்திற்கு (F layer) 74°. இந்த நிலையில் பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண் $f_{மாறு}/\cos 74° = 3\cdot6\ f_{மாறு}$.

இவ்வாறாக, வான் அலைகளைப் பரப்புதல் அயனமண்டலத்தில் விலகலைப் (ionospheric refraction) பொறுத்திருக்கிறது ; இது அலையின் அலைவெண், படுகோணம், படலங்களிலுள்ள அயன அடர்த்தி ஆகியவற்றால் பாதிக்கப்படுகிறது.

வான் அலை தரையில் மோதும்போது அது தரையினால் திருப்பமடையச் செய்யப்படும். திருப்பமடைந்த அலை மீண்டும் மேனோக்கிச் சென்று மறுபடியும் ஒரு முறை அயனமண்டலத்தால் திருப்பமடைகின்றது. இவ்வாறு தொடர்ச்சியாகப் பல திருப்பங்கள் ஏற்படுகின்றன; இதனால் பூமி வளைந்திருந்தாலும் பூமியைச் சுற்றித் தொலைதூரப் பரப்புதல் செய்ய முடிகிறது. தரை, அயனமண்டலம் ஆகிய இரு இடங்களிலும் ஏற்படும் திருப்பங்களின் கூடவே மெலிவுறுதல் (attenuation) உண்டாகிறது. இரு திருப்பங்களுக்கிடையே மெலிவுறுதல் அலைமுகப்புச் செங்குத்துத் திசையில் பரவலாக ஆதலால் மட்டிலுமே ஏற்படுகிறது. பரப்பும் அலைவெண் உயர்த்தப்பட்டால் அயனமண்டலத்தில் மெலிவுறுதல் குறைகிறது. எனவே, உயர்ந்த அலைவெண்களைப் பயன்படுத்தும் போது சிறந்த முடிவுகள் கிடைக்கின்றன. எனினும், அலைவெண்ணானது அலை அயனமண்டலத்தை ஊடுருவிச் செல்லும் நிலையில் உள்ள மாறுதான அலைவெண்ணிற்குக் குறைவாக இருக்க வேண்டும். முன்னர் விளக்கியதுபோல் பரப்பும் இடத்திற்கும் ஏற்கும் இடத்திற்கும் உள்ள தூரத்திற்கேற்ற மாறுதான அலைவெண்ணிற்குச் சற்றே குறைந்த அலைவெண்ணைப் பயன்படுத்துவது ஒரு விதியாகவே உள்ளது. கதிர்வீச்சு உணர முடியாத அளவு ஆகின்ற மாதிரி மெலிவுறுதல் பெரிதாகும் வரையில் அடுத்தடுத்துத் திருப்பங்கள் தொடர்ந்து ஏற்படும். இது நிகழ்வதற்கு முன்னால் வான் அலையானது மிக அகன்ற வீச்சில் ஏற்கக்கூடிய அளவு சைகையைக் கொடுக்கிறது. 10,000 மைல்களும் அதற்கு மேலும் உள்ள தூரங்களில் (கிட்டத்தட்ட பூமியின் சுற்றளவில் பாதி) பரப்புதல் தினமும் நடைபெறுகிறது. இவ்வகைப் பரப்புதலுக்கு நாம் நன்றிக் கடப்பாடுடையோம்.

தாவுந் தூரம் (Skip distance): பரப்பியைச் சுற்றிலும் ஏற்றலே முடியாத ஒரு குறிப்பிட்ட வட்டாரம் உள்ளது. இந்த ஓசையற்ற பரப்பு (silent area) தாவுந் தூரம் எனப்படுகிறது. இது தரை அலைகள் அழிந்துபோகும் இடத்திற்கும் வான் அலை ஏற்கப்படும்

முதல் இடத்திற்கும் இடையேயுள்ள இடத்தினைக் குறிக்கும். இது படம் 72-ல் விளக்கிக் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 72. தாவுந்தூரம்

முன்னர்க் கூறியதுபோலப் பரப்பப்படும் அலைவெண்ணையும் அயனியாக்கம்பெற்ற படலத்தின் நிலையையும் சார்ந்திருக்கும் மாறுதானக் கோணம் என்ற ஒன்று இருப்பதனுலேயே தாவுந் தூரம் உண்டாகிறது. ஏனெனில் எந்த அலைகளுக்குப் படுகோணம் மாறுதான மதிப்பைவிடக் குறைவாக இருக்கிறதோ அந்த அலைகள்தான் திருப்பமடைகின்றன. எனவே திருப்பமடையாத இடம் ஒன்றிருக்கிறது. ஆகையால், வான் அலையை ஏற்கமுடியாத ஒரு பரப்பளவு, பரப்பியைச் சுற்றி உள்ளது. எனினும், இந்தப் பரப்பளவில் ஒப்பீட்டளவில் பரப்பிக்கு அண்மையில் உள்ள ஒரு பகுதியினைத் தரை அலையால் எட்டமுடியும். தரை அலையோ அல்லது வான் அலையோ அடையமுடியாத எஞ்சிய பரப்பில் எந்தச் சைகையையும் ஏற்க முடியாது. தாவுந் தூரம் பரப்பப்படும் அலைகளின் அலைவெண்ணையும் அயனியாக்கம்பெற்ற படலங்களையும் பொறுத்து மாறுகின்ற ஓர் அளவாகும். 2 மெகா சுழற்சிகளுக்கு மேற்பட்ட அலைவெண்களில் குற்றலைகளைத் தொலைதூரங்களுக்குப் பரப்புதலிலேயே இது நிகழ்கிறது.

இடைநிலைப் பொருளில் ஏற்பட்டு ரேடியோ அலைகளைப் பரப்புதலைப் பாதிக்கும் நிகழ்ச்சிகள் :

(அ) உட்கவர்தல் (Absorption): அயன மண்டலத்தால் அலைகளிலிருந்து ஆற்றல் உட்கவரப்படுதல் அல்லது மெலிவுறுதல் என்பது தொலைதூரப் பரப்புதல்களுக்கு ஓர் எல்லை ஏற்படுத்தும்

ஒரு முக்கியமான காரணியாகும். ஒரு ரேடியோ அலையானது அயனியாக்கம் பெற்ற ஒரு மண்டலத்தின் வழியாகச் செல்லும்போது எலெக்ட்ரான்களை அதிர்வுறச் செய்கிறது. அதிர்வுறும் (vibrating) எலெக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள மூலக்கூறுகள், அயனிகள் ஆகியவற்றுடன் மோதி அவற்றின் ஆற்றல் முழுவதையுமோ அல்லது ஓரளவையோ கொடுத்துவிடுகின்றன. இந்த ஆற்றல் காற்றினைச் சூடாக்குவதில் செலவாகிறது. இவ்வாறாக அது அழிக்கப்படுகிறது. இந்த வழியில் அலை இழுக்கும் ஆற்றலின் அளவானது அயனியாக்கம் பெற்ற மண்டலத்தில் அலை செல்கின்ற தூரம் அதிகமாக இருந்தாலும், படலத்திலுள்ள அயனிகள், காற்று மூலக்கூறுகள் ஆகியவற்றின் அடர்த்தி அதிகமாக இருந்தாலும் அதிகமாக இருக்கும். ஞாயிற்றிலிருந்துவரும் புற ஊதாக் கதிர்கள் இரவைவிடப் பகற்போதில் தாழ்ந்த மட்டங்களில் அயனியாக்கம் இருக்குமாறு செய்வதாலும், தாழ்ந்த உயரங்களில் காற்றுத் துகள்கள் அதிகமாக இருத்தலாலும், இரவைவிடப் பகற்போதில் மிக அதிகமான அளவு ஆற்றல் உட்கவரப்படுகிறது—உட்கவர்தல் சிறப்பாக E படலங்களில் நிகழும். பூமியின் காந்தப் புலத்தில் இயங்குகின்ற எலக்ட்ரான்கள் 1400 கிலோ சுழற்சிகளில் ஒருவகையான ஒத்ததிர்வு நிலையில் இருப்பதால் இந்த அலை வெண்ணில் பெரும உட்கவர்தல் நிகழ்கின்றது. இந்த அலை வெண்ணிலிருந்து அலையின் அலைவெண் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு தள்ளி இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு மெலிதல் குறைவாக இருக்கும்.

தொலைதூரப் பரப்புதல்களுக்கு அந்தத் தூரத்திற்குப் பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண்ணிற்கு அருகிலுள்ள அலைவெண்கள் மிகவும் விரும்பத்தக்கன. எனவே 5-லிருந்து 25 மெகா சுழற்சிகள் வரை வீச்சுள்ள குற்றலைகள் (short waves) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை E படலங்களை ஊடுருவி மேற்சென்று F படலங்களை அடைந்து அங்கே மிகவும் குறைந்த மெலிவுறுதலுடன் திருப்பமடைகின்றன. எனவே, பகலிலும் இரவிலும் ஒரே மாதிரியாக நன்ருக ஏற்கப்படுகின்றன.

(ஆ) அயனமண்டலத்தில் மாற்றங்கள் : படலங்களின் எண்ணிக்கை, புவிக்குமேல் அவற்றின் உயரம், அவற்றின் அயனியாக்க அடர்த்தி போன்ற அயனமண்டலத்தின் பல பண்புகள் கால ஒழுங்கான மாறுதல்கட்கு உள்ளாகின்றன. இதனுல் ரேடியோ அலைகளைப் பரப்புதல் பாதிக்கப்படுகிறது. அவை நாள்முறை மாறுதல்கள் (diurnal variations), பருவகால மாறுதல்கள் (seasonal variations), ஞாயிறுபுள்ளி-சுழற்சி (11 ஆண்டு) மாறுதல்

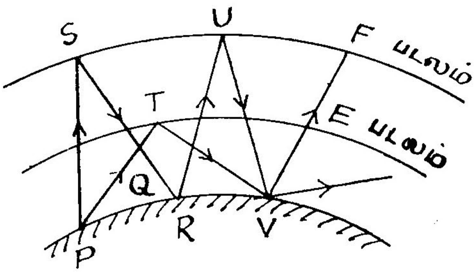
கள் (sunspot-cycle variations) என அழைக்கப்படும் மூன்று முதன்மையான வகைகள் ஆகும். இந்த மாறுதல்கள் ஞாயிற்றி லிருந்து வரும் கதிர்வீச்சில் உள்ள மாறுதல்களாலேயே பெரிதும் ஏற்படுகின்றன. எனவே, அவை படலங்களின் அயன அடர்த்தி மாறுதல்களாலேயே பெரும்பான்மையும் உண்டாகின்றனவே யன்றிப் படலங்களின் உயரத்திஞல் அவ்வளவாக உண்டாவதில்லை. எனவே, உட்கவர்தலிலும் மாறுதான அலைவெண்களிலும் ஏற்படும் மாறுதல்களாகவே அவை பெரும்பான்மையும் காணப்படுகின்றன. பகற்பொழுதில் கதிரவனின் கதிர்கள் பூமியிலிருந்து தூரம் குறை யக் குறையப் படிப்படியாக அதிகரிக்கும் அளவில் காற்றை அயனி யாக்குகின்றன. அயனியாக்கம் அழுத்தத்தைப் பொறுத்திருக் கிறது. எனவே, காற்றின் அடர்த்தி குறைந்தால் மிக எளிதில் அயனியாக்கப்படுகிறது. இவ்வாருக இவ் விளைவு மிக நன்ருக வரை யறுக்கப்படவில்லை; மேலும் பகற்போதில் இடைநிலை அலை நீளங் கள் (medium wavelengths), நெட்டலை நீளங்கள் (long wave-lengths) ஆகியவற்றின் மீது இவ்விளைவு அவ்வளவாகப் பிரதிபலிப்ப தில்லை. பகற்போது பரப்புதல்களுக்குச் சிறப்பாகத் தரை அலைகளே பயன்படுத்தப்படுவதேன் என்பதற்கு இதுவே காரணம். இருந்தாலும், இராப்போதில் ஞாயிறில்லாமையால் பூமிக்கு அருகி லுள்ள காற்றின் அயனியாக்கம் மறைகிறது; ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்குமேல் அழுத்தம் மிகக்குறைவாக இருப்பதால் அயனி யாக்கப்பட்ட நிலையிலேயே வாயு இருக்கிறது. இது சற்று நல்ல முறையிலேயே வரையறுக்கப்பட்ட படலத்தைக் கொடுக்கிறது; இது ஓரளவு சிறந்த திருப்பியாக அமைகிறது. ஆகையால், கணிச மான தூரங்களிலிருந்துவரும் ஒலிபரப்புகள் இரவின் தொடக்கத் திற்குப் பிறகு வலுவாக இருக்கக் காணப்படுகின்றன.

E படலத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் நாளுக்குநாள், பருவ காலத்திற்குப் பருவகாலம் ஒழுங்காக மாறுகின்றன-இவை ஞாயிறு வானத்திலிருக்கும் நிலையையே முழுதும் சார்ந்திருக்கின்றன. இது இந்தப் படலத்தின் மாறுதான அலைவெண்ணில் ஏற்படும் மாறுதல் களால் சுட்டிக்காட்டப்படுகிறது. மாறுதான அலைவெண் இரவைக் காட்டிலும் பகலில் அதிகமாக இருக்கிறது; குளிர்காலத்தைவிடக் கோடையில் அதிகமாக இருக்கிறது. மாறுதான அலைவெண்ணில் மாறுதல்கள் ஆண்டுக்கு ஆண்டும் ஏற்படுகின்றன. இது 11 ஆண்டைய ஞாயிறு புள்ளிச் சுழற்சியிஞல் ஏற்படுகிறது. இந்தக் கால ஒழுங்குடைய மாறுதல்களை ஓரளவு திருத்தத்துடன் முன்ன தாகவே ஊகிக்க முடியும். அவற்றைக்கொண்டு ஊகித்தறிந்த பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண்களைக் காட்டும் விளக்க அட்டவணைகளைத் தயாரிக்கலாம். இந்த விளக்க அட்டவணை களைக்கொண்டு ஒலிபரப்பும் நிலையங்கள் குறிப்பிட்ட தூரங்களுக்கு

நாளின் வெவ்வேறு நேரங்களில் செய்தித் தொடர்பிற்குப் பயன் படுத்தக்கூடிய சிறந்த அலைவெண்களின் அட்டவணையை முன்ன தாகவே தயார் செய்துகொள்ளலாம். இருபத்துநான்கு மணி நேரம் வேலைசெய்யும் ஒலிபரப்பும் நிலையங்கள் இரு அலைநீளங் களைப் பயன்படுத்துகின்றன; நிலைமைக்கேற்ப ஒன்றிலிருந்து மற் றொன்றிற்கு மாற்றிக்கொள்கின்றன.

(இ) மங்குதல் (Fading): ஏற்குமிடத்தில் அலைகளின் செறிவில் ஏற்படும் விரும்பத்தகாத மாறுதல்களுக்கு இப் பெயர் சூட்டப் பட்டுள்ளது. இம் மாறுதல்களால் ஏற்கப்படும் அலையின் வீச்சு ஓர் அகன்ற எல்லைக்குள் ஏற்ற இறக்கங்களுக்கு உள்ளாகிறது அல்லது மங்குகிறது. சைகை மாறிமாறி வளர்ந்து தேய்கிறது; சில சமயங்களில் பயன்படுத்தக்கூடிய மதிப்புகளுக்குக் கீழேகூடப் போய்விடுகிறது. குற்றலைகள் அயனமண்டலம் வழியாகப் பரப்பப் படும் தொலைதூரப் பரப்புதல்களில் இந் நிகழ்ச்சி சிறப்பாக வெளிப்படுத்திக் காட்டப்படுகிறது. அயனமண்டலத்தில் பல திருப்பங்கள் நிகழ்வதால் இது தோன்றுகிறது. இத் திருப்பங்களால் ஒரே பரப்பியிலிருந்து இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலை கள் பலவேறு நீளமுடைய பலவேறு பாதைகளில் செல்கின்றன. எனவே, அவை ஏற்கும் வான்கம்பியை அடையும்போது அதிர்வு நிலைகளிலும் (phases) வீச்சுகளிலும் (amplitudes) வேறுபடுகின்றன.

P-யிலிருக்கின்ற பரப்பி (படம் 73) பூமியின்மீது பல கோணங் களில் சைகைகளை அனுப்பிக்கொண்டுள்ளது எனக் கொள். ஓர் அலை *PQR* பாதையில் செல்கிறது. இது தரை அலை. வேறோர்



படம் 73. மங்குதலுக்குரிய காரணம்

அலை *PTV* பாதையில் செல்கிறது. இது *E* படலத்தில் திருப்ப மடைந்து *V*-யில் ஏற்கப்படுகிறது. ஆனால், இது *R*-ல் ஏற்கப்படுவ தில்லை. இதனினும் பெரிய கோணத்தில் பரப்பப்படும் ஓர் அலை *PSR* பாதையில் செல்கிறது. இது *E* படலத்தை ஊடுருவிச் செல்

கின்றது ; ஆனால் F படலத்தால் திருப்பமடைந்து R, V ஆகிய இடங்களில் ஏற்கப்படுகிறது. R-ல் ஏற்கப்படும் சைகை, இரு அலைகளின் தொகுபயனாகும் (resultant). அ-து., வெவ்வேறு பாதைகளில் R-ஐ வந்தடையும் ஒரு தரை அலை, ஒரு வான் அலை ஆகியவற்றின் தொகுபயன். இந்த இரு அலைகளும் சென்ற பாதைகளின் நீளவேறுபாட்டைப் பொறுத்து அவை ஒரே அதிர்வு நிலையில் ஒன்றுடன் ஒன்றாகச் சேர்ந்து உரத்த சைகையினைக் கொடுக்கும்; அல்லது அதிர்வுநிலை வேறுபட்டு மிகவும் வலுக்குறைந்த ஒரு சைகையினைக் கொடுக்கும். இங்கே பாதை வேறுபாடு F படலத்தின் உயரத்தையே பெரிதும் சார்ந்திருக்கும். எனவே, உயரத்தில் ஏற்படும் சிறு மாறுதல்களும் இரு சைகைகளையும் ஒரே அதிர்வு நிலையில் உள்ள நிலையிலிருந்து ஒன்றாயில்லாத அதிர்வுநிலை நிலைமைக்கு மாற்றும். இந்த அதிர்வுநிலை மாறுதல் ஏற்கப்படும் சைகையின் வலுவில் பெரும் மாறுதல்களை விளைவிக்கும், அ-து., சைகை மங்குகிறது. V இடத்திலுள்ளதுபோல் இரு வான் அலைகட்கிடையே குறுக்கீடு நிகழ்வதன் விளைவால்கூட மங்குதல் ஏற்படலாம். இங்கே ஏற்படும் சைகை இருவேறு பாதைகளில் (அதாவது E படலத்தில் முதல் திருப்பத்தால் உண்டான பாதையும், F படலத்தில் இரண்டாவது திருப்பத்தால் உண்டான RUV பாதையும்) வருகின்ற இரு வான் அலைகளின் தொகுபயனாகும். இத்தகைய நிலையில் ஏதேனும் ஒரு படலத்திலேயோ அல்லது இரு படலங்களிலுமேயோ ஏற்படும் மாறுதல்கள் மங்குதலை உண்டாக்கும்.

அயனமண்டலத்தின் திருப்பமடையச் செய்யும் பண்புகள் அலைவெண்ணிற்கேற்ப மாறுவதால் பலவேறு பாதைகளின் நீள வேறுபாடுகள் பரப்பப்படும் அலைவெண்ணைப் பொறுத்திருக்கும். இப்போது, பண்பேற்றப்பட்ட எல்லாச் சைகைகளும் அலைவெண்களின் ஓர் அலை வரிசையால் ஆனவை; அலைவரிசையின் அகலம் சைகையின் வகையைப் பொறுத்தது. கூறுகளாக அமையும் அலைவெண்களுக்கிடையே வேறுபாடிருப்பதால் எந்த ஒரு நேரத்திலும் சைகையின் ஒரு பகுதிதான் மங்கி ஒரு விநோதமான திரிபினை (distortion) செவியுறு சைகையில் உண்டாக்கலாம். இது பொறுக்கு மங்குதல் (selective fading) எனப்படும். தரமான வானொலி நிலையங்களை இரவில் 100 மைல் அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தூரங்களில் (அப்போது வான் அலைச் சைகைகளும் தரை அலைச் சைகைகளும் ஒரே நேரத்தில் ஏற்கப்படுகின்றன) வான் அலை கொண்டு ஏற்கும்போது இதனை வழக்கமாகக் கண்டறியலாம்.

ஏற்கப்படும் சைகையில் மங்குதலானது அயனமண்டலத்தில் நாளுக்கு நாள், மாதத்திற்கு மாதம், ஆண்டுக்கு ஆண்டு ஏற்படும் கால ஒழுங்கான மாறுதல்களால் மிக மெதுவாக ஏற்படலாம்.

அயனமண்டிலத்தின் கால ஒழுங்கான மாறுதல்கள்போக அதற்கும் மேலாக ஏறக்குறைய ஒழுங்கற்ற வேறு மாற்றங்களும் ஏற்பட்டுத் தீவிரமான மங்குதலை விளைவிக்கின்றன. அத் தகைய ஒரு விளைவு, ரேடியோ மங்கல் (radio fade out) எனப்படும். ஞாயிற்றிலிருந்து திடீரென வெளிப்படும் அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சுகளால் வான் அலைகள்— அவை எந்த அலைவெண்ணுடையனவாயிருந்தாலும்— உட்கவரப்படுதல் அதிகமாகிறதால் இவ்விளைவு உண்டாகிறது. ரேடியோப் பரப்புதலில் ஏறத்தாழ 1·5 மெகா சுழற்சிகளுக்கு மேற்பட்ட அலைவெண்களில் சைகைகள்; திடீரென மங்குவதினால் இது வெளிப்படுகிறது. சைகையில் வலுக்குறைதல் திடீரென ஏற்பட்டு ஏறக் குறைய 10 நிமிடங்களிலிருந்து 1 மணிக்கும் மேலான நேரம் வரையில் நீடிக்கிறது. அயனமண்டிலத்தில் ஏற்படும் ஒழுங்கற்ற மற்றொரு மாறுதல் அயனமண்டிலப் புயல் எனப்படுவதாகும். இப் புயலின்போது அயனமண்டிலம் ரேடியோ அலைகளின்மீது ஏற்படும் விளைவைப் பொறுத்தமட்டில் நிலையற்றதாகின்றது ; இதனால் 1·5 மெகா சுழற்சிகட்கு மேற்பட்ட அலைவெண்களில் சைகைகளின் வலுவைக் குறைத்து மிக மோசமாக மங்கச் செய்கிறது. துடிதுடிக்கும் மங்குதல் (flutter fading) எனப்படுகின்ற குறிப்பாக இரவில் ஏற்படும் ஒருவகை மங்குதல் இதன் காரணமாகவே ஏற்படுகின்றது. இந்தப் புயல்களின் விளைவு இரவில், பரப்பப்படும் அலைவரிசையில் வான் அலைகளின் வலுவைக் குறையச் செய்வதே ; ஆனால், சில நேரங்களில் வலுவை அதிகரிக்கவும் செய்கிறது. அயனமண்டிலப் புயல்கள் உயர் அலைவெண்களில் ஒன்று அல்லது இரண்டு நாள்களுக்கும், தாழ் அலைவெண்களில் பல வாரங்களுக்கும் நீடிக்கலாம். இந்தப் புயல்கள் வீசும் போது ரேடியோத் தொடர்பு மிகவும் ஏறுமாறாக ஒழுங்கற்றதாக இருக்கும்.

தானியங்கு முழக்க ஆட்சி (Automatic volume control) : (AVC) இது ஏற்பிகளில் மங்குதலைக் குறைப்பதற்காகக் கையாளப்படும் மிகவும் வழக்கமான ஒரு வழியாகும். இந்தச் சாதனத்தில் ஏற்கப்படும் சைகையினது ஊர்தியின் வலு ஏற்பியின் முழக்கத்தைக் (volumes) கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதனால், ரேடியோ அலைவெண் உள்ளீட்டில் மாறுதல்கள் இருந்தபோதிலும் செவியுறு அலைவெண் வெளிப்பாடு நியாயமான அளவு மாறாது நிலைத்திருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்கம் (voltage amplification), ஒதுக்குவாய் (screen grid), ஒடுக்குவாய் (suppressor grid), ஆட்சிவாய் (control grid) ஆகியவற்றின் மின்னழுத்தங்களுக்கேற்ப மாறுகிறது. இதனால் ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கியின்

அல்லது இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கியின் அல்லது இரண்டிற்குமே உரிய பெருக்கத்தைத் தானுகவே மாற்றுவதற்கேற்ப, தானியங்கு முழக்க ஆட்சி வேலை செய்து மேற்கண்ட மின்னழுத்தங்களில் ஒன்றையோ அல்லது பலவற்றையோ மாற்றுகிறது. இதனைச் செய்வதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் கண்டுபகுப்பானிலிருந்து பெறப்படுகிறது. ரேடியோ அலைவெண் சைகையின் உள்ளிடும் மின்னழுத்தம் கண்டுபகுப்பானின்மீது ஏற்றப்படும்போது கண்டுபகுப்பானின் புறவாய்ச் சுற்றிலுள்ள மின் தடையின் குறுக்கே ஒருதிசை மின்னழுத்தம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. மின் தடையின் குறுக்கேயுள்ள ஒருதிசை எதிர்மின்னழுத்தம் ரேடியோ அலைவெண் அல்லது இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கிகளின் இடைவாய் மின்னழுத்த இணைப்புக் கால்களுக்குத் திரும்ப ஊட்டுவிக்கப்பட்டு அவற்றின் பெருக்கத்தை மாற்றுகிறது. கண்டுபகுப்பானின் உள்ளிடப்படும் சைகையின் மின்னழுத்தம் உயரும்போது புறவாய் மின்தடையின் குறுக்கே உள்ள ஒருதிசை மின்னழுத்தமும் உயர்கின்றது. இதனுல் பெருக்கிகளின் பெருக்கம் குறைகிறது. ஏற்பியின் உள்ளிடப்படும் ரேடியோ அலைவெண் சைகை மின்னழுத்தங்களில் பெரும் மாறுதல்கள் இருந்தபோதிலும் தகுந்த முறையில் தானியங்கு முழக்க ஆட்சியினைச் சரிசெய்வதனுல் கண்டுபகுப்பானின் செவியுறு அலைவெண் வெளிப்பாட்டினைக் கிட்டத்தட்ட ஒரே செறிவில் நிலைநிறுத்த முடியும். இந்த ஆட்சியினைச் செவியுறு அலைவெண்ணின் ஏற்ற இறக்கங்களுக்குத் தொழிற்படுத்தக்கூடாது. ஏனெனில். உள்வரும் ஊர்தியின் பண்பேற்றமாக அமைகின்ற மாறுதல்களை இது இழைத்துவிடும் (smooth out). எனவே, தானியங்கு முழக்க ஆட்சிச் சுற்றுகளில் ஓர் எளிய மின்தடை-மின்னேற்பி வடிகட்டுவான் ஒன்று தானியங்கு முழக்க ஆட்சிப் பகுதியில் சேர்க்கப்படுகிறது. இது பெருக்கிகளின் இடைவாய்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் தானியங்கு முழக்க ஆட்சி மின்னழுத்தத்திலிருந்து செவியுறு அலைவெண் கூறினை நீக்கிவிடுகிறது. இருமுனைக் குழாய் கண்டுபகுப்பான்கள் கண்டுபகுத்தல், தானியங்கு முழக்க ஆட்சி ஆகிய இரு வேலைகளையும் செய்யக்கூடுமாதலானும், கட்டுப்படுத்தும் ஒருதிசை மின்னழுத்தத்தை மற்றவைகைக் கண்டுபகுப்பான்களிலிருந்து பெறுவதைக் காட்டிலும் எளிதாகப் பெறக்கூடுமாதலானும் இவை பெருமளவில் கையாளப்படுகின்றன என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும்.

மங்குதல் ஆகிய பிரச்சினைக்குத் தானியங்கு முழக்க ஆட்சியே முழுத் தீர்வாகிவிட முடியாது. ஏனெனில், பலநேரங்களில் சைகைகள் ஒலி உண்டாக்கக் கூடியதைவிடக் குறைந்த நிலைக்கு மங்கி

விடுவதால் ஏற்பியில் எந்த அளவிற்கு அவை பெருக்கப்பட்டா லும் அச் சைகை பயனற்றதாகிவிடுகிறது. மேலும், இதனுல் பொறுக்கு மங்குதலை (selective lading) வெற்றிகொள்ள முடி யாது. ஏனெனில், ஒரே சைகையின் கூறுகள் பலவேறு நேரங் களில் மங்குகின்றன.

பல்வேறு நிலைகளில் ஏற்றல் (Diversity reception): இது மங்குதலைக் குறைப்பதற்கான மற்ருெரு வழியாகும். நடை முறையில் இந்தக் காரியத்திற்குச் சிறந்தவற்றுள் இது ஒன்று. இது கீழ்க்கண்ட தத்துவத்தின் அடிப்படையில் அமைந்தது. அதாவது ஒன்றுக்கொன்று மட்டான தூரத்தில் உள்ள பலவேறு இடங்களில் பல ஏற்பிகளை அமைத்தால், அவற்றுள் குறைந்தது ஒன்ருவது ஒரு நேரத்தில் பயன்படுத்தக்கூடிய சைகையினை ஏற்கும். அதே நேரத்தில் இந்தச் சைகை மற்ற ஏற்பிகளுக்குப் பயனற்றதாக இருக்கலாம். 1000-லிருந்து 1500 அடிக்குள் இடம் விட்டு மூன்று வான்கம்பிகளை ஒரு முக்கோணத்தில் அமைப்பது பெரிதும் உகந்த அமைப்பென ஆராய்ச்சிகள் காட்டின. ஒவ் வொரு வான்கம்பியும் அதனுடைய ஏற்பியுடன் இணைக்கப்படு கிறது. மூன்றும் ஒரே அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்படுகின்றன; புறவாய்ச் சுற்றுக்கு முன் நிலைவரையில் அவை ஒன்றையொன்று சாராமல் தனித்தே உள்ளன. அந்த நிலையில் பெரிதும் உகந்த செயல்பாட்டினை அளிப்பதற்கேற்பப் பொறுக்கும் எலெக்ட்ரான் சுற்றுகள் வேலை செய்கின்றன. பல்வகை நிலைகளில் ஏற்றலானது பொறுக்கு மங்குதல் காரணத்தினுல் குறியீட்டுச் செய்திமுறை ஏற்றலிலுள்ளதுபோல் பேச்சுகளை ஏற்றலுக்கு அவ்வளவு நன்மை வாய்ந்ததன்று.

(ஈ) வானிடை ஓசைகள் (Atmospherics): வான்கம்பி பொறுக் கிக் கொள்ளுகின்ற இயற்கையான காரணங்களால் ஏற்படும் இரைச்சல் 'வானிடை ஓசைகள்' (atmospherics) எனப்படுகின்றது. இது ஒலிபெருக்கியில் உசு, உசு எனும் ஒலியாகவும் (hissing sound) தொலைக்காட்சிப் படத்தில் ஒரு பனித்திரையாகவும் வெளிப் படுத்திக் கொள்கிறது. இது நிலைபேறு (static) எனவும் வழங் கப்படும். இது தீமூட்டும் அமைப்புகள் (ignition systems) உட் பகுதிகளுக்கு மின் அலைகளால் வெப்பமூட்டுதல் (diathermy), மின் ஆற்றல் சுமந்து செல்லும் கம்பிகளிலிருந்து இழப்புகள் மோட்டார் களிலும், மின் ஆக்கிகளிலும் உராய்வுகளால் ஏற்படும் மின்பொறி கள், குறுக்கிடும் வானுெலி நிலையங்கள் போன்ற மின் கருவிகள், மின்சாரச் சாதனங்கள் போன்றவற்றுல் மனிதன் உண்டாக்கும் இரைச்சலிலிருந்து வேறுபட்டது. இவைபோலல்லாமல்

வானிடை ஓசைகள் இயற்கையான மின்சாரத் தொல்லைகளால்—அவற்றிலும் முதன்மையாக இடிமின்புயல்களால் (thunderstorms) உண்டாகின்றன. இவ்வோசைகளை உண்டாக்கும் இடியையும் (thunder) மின்னலையும் (lightning) போலவே இவைகளும் மிகக் குறுகிய காலமே நீடிக்கின்றன; ஆனால், மிகத்தாழ்ந்த அடிப்படை அலைவெண்ணிலிருந்து மிக உயர்ந்த அலைவெண்கள் வரையில் அகன்ற அலைவரிசையில் பெரும் ஆற்றலை உள்ளடக்கியவையாகும். அலைவெண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க இவற்றின் வீச்சு (amplitude) குறைந்துகொண்டே செல்லும். இவை ரேடியோவில் பயன் படுத்தப்படும் அலைவெண் வீச்சின் பெரும்பகுதியினை உள்ளடக்கு கின்றன. அலைவெண் அதிகரிக்கப்படும்போது வானிடை ஓசை களின் ஆற்றல் குறைகிறது; அதனால் தாழ் அலைவெண்களிலேயே வானிடை ஓசைகள் கடுமையான விளைவுகளை ஏற்படுத்தும்; 50 மெகா சுழற்சிகளுக்கு மேற்பட்ட மிகவுயர்ந்த அலைவெண்களில் (ultra high frequencies) இவை அவ்வளவாக முக்கியத்துவம் பெற் றிருக்கவில்லை. வானிடை ஓசைகள் என்பவை உண்மையில் இயற்கை தோற்றுவிக்கும் ரேடியோச் சைகைகளே ஆனதால், அவையும் ரேடியோ அலைகளைப் போன்றே பரப்பப்படுகின்றன. அயனமண்டிலத்தில் தகுந்த நிலைகளில் திருப்பமடைகின்றன. எனவே, வானிடை ஓசைகள் தொலைதூரங்களுக்குச் செல்ல முடியும்; அவை தோன்றுமிடத்திற்கு மிகத் தொலைவிலுள்ள ஏற்பிகளில் குறுக்கீட்டை விளைவிக்கலாம். பரப்பப்படும் அலை வரிசையில் வான் அலைகளும் தாழ் அலைவெண்களும் பகற்போதில் பெரிதும் மெலிவுறுதலால் இவ் வலைவரிசைகளில் செயல்படும் வானிடை ஓசைகள் தொலைதூரங்களிலிருந்து வந்திருக்க முடியாது. எனவே, அவை தலத்திலேயே ஏற்படும் இடிமின் புயல்களாலேயே தோன்றி யிருக்கவேண்டும். சூடான தட்ப வெப்ப நிலையில் ஒரு தனிவகை நிலைபேற்றுக் (static) குறுக்கீடு உண் டாகிறது. இது தரையிலிருந்து கிளம்பும் சூடான காற்று வான் கம்பிக்கு மின்னேற்றம் கொடுப்பதால் உண்டாகிறது. வானிடை ஓசைகள் ஆண்டின் பருவ காலங்களுக்கேற்ப மாறுகின்றன; அதே நேரத்தில் ஞாயிற்றுப்புள்ளி விளைவுகளோடும் காந்தப் புயல் களோடும் (magnetic storms) ஒத்து வருடாந்தர மாறுதல்களும் ஏற்படுகின்றன என்பதற்குச் சான்றுகள் உள்ளன. ஏறத்தாழ 2-லிருந்து 21 மெகா சுழற்சிக்குள் உள்ள அலைவெண் வீச்சில் சாதாரண நிலைபேறு, மனிதன் உண்டாக்கும் இரைச்சல் ஆகியவை இல்லாதபோதும் சிறிதளவு இரைச்சல் வான்கம்பியில் ஏற்கப் படுவதாகக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இந்த இரைச்சல் ரேடியோ உடுக்களிலிருந்தும் (radio stars) (அ-து., ரேடியோ அலைகளை வெளிவிடும் உடுக்கள்) விண்மீன்களிடை-வெளியின் (interstellar

space) சில குறிப்பிட்ட வட்டாரங்களிலிருந்தும் வருகின்றன. இவ்வகை இரைச்சல்தான் ஒரு சிறந்த ஏற்கும் இடத்தில் அலை வெண் வீச்சிற்கு வரம்பு ஏற்படுத்துகிறது. ஏறத்தாழ 30 மெகா சுழற்சிகளுக்குமேல் அயனமண்டிலத்திலிருந்து ஆற்றல் எதுவும் திருப்பமடைவதில்லை. எனவே, தொலைதூர வானிடை ஓசைகள் எவ்விளைவையும் ஏற்படுத்துவதில்லை. சாதாரணமாக இந்த வீச்சில் (range) சில இடிமின்புயல்களைத் தவிர்த்து மற்றபடி நிலை பேற்றுக் குறுக்கீடு ஏதும் உண்டாவதில்லை.

வானிடை ஓசைகளை நீக்குவதைப்பற்றிப் பார்க்கும்போது அவை ஏற்பியில் உண்டாக்கும் விளைவுகளையே சிறப்பாகக் கருத்தில் கொள்கிறோம். ஏற்பியில் உண்டாகும் இரைச்சல் இயற்கையாக உண்டாகியிருந்தாலும் அல்லது மனிதனால் ஏற்பட்டிருந்தாலும் அதுவே, பரப்பும் காரியங்களுக்குப் பயன்படுத்தக்கூடிய மிகத் தாழ்ந்த சைகையின் வலுவை நிச்சயிக்கும் காரணியாக அமை கின்றது. ஏற்றலை மேம்படச் செய்வதற்காக ஏற்பியிலுள்ள இரைச்சலைக் குறைப்பதற்குப் பல வழிகள் உள்ளன; இதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் அமைப்பு நாம் குறைக்க விரும்புகின்ற இரைச்சலைப் பொறுத்திருக்கிறது. இரைச்சலை அதன் தோற்று வாயிலேயே நீக்கிவிட முடியுமானால் அவ்வாறு செய்யக்கூடிய அமைப்பே சிறந்தது என்பது தெளிவு. மின்சாரச் சாதனங்களைப் பொறுத்தமட்டிலும் இம் முறையை நடைமுறையில் கையாள லாம். இரைச்சல் தோன்றுமிடத்தில் மின்சாரம் செல்லும் கம்பி யில் தகுந்த ஒரு மின் வடிகட்டியினை (electric filter) வைத்தால் அது குறுக்கீட்டினைப் பெருமளவு குறைத்துவிடும். எளிய மின்வழி வடிகட்டியானது (line filter) மின்சாரம் செல்லும் கம்பியின் குறுக்கே மின்கருவி இருக்குமிடத்திலேயே ஒரு மின்னேற்பியினை உடையது; அல்லது இதனினும் சிறப்பாக மின்சாரம் செல்லும் கம்பியுடன் இணைநிலையாக ஒரு மின்பொருண்மையைச் சேர்க் கலாம்.

பலவிடங்களில், அதிலும் குறிப்பாக வானிடை ஓசைகளைப் பற்றிப் பார்க்குமிடங்களில் இரைச்சலைத் தோற்றுவாயிலேயே நீக்க முடியாது. ஏற்பியின் பொறுக்குதிறனை (selectivity) அதிகரித் தால் வழக்கமாக இந்தவகைக் குறுக்கீடு குறையும். ஏனெனில், இரைச்சலின் ஆற்றல் கணிசமான அளவு அகன்ற அலைவெண் வரிசையில் பரவலாக இருப்பதால், ஏற்பி அங்கீகரிக்கும் அலை வெண் வரிசை எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறுகலாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு குறைவான இரைச்சலையே அது பொறுக்கு கின்றது. இரைச்சல் ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து வருமானால் மிக உயர்ந்த திசைப்பண்புடைய ஏற்கும் அணியினைப் பயன்படுத்

திஞல் ஏற்றலுடன் இரைச்சல் குறுக்கிடுவதைக் குறைக்கலாம். இத்தகைய வான்கம்பி அணிகள் ஒன்றுக்கொன்று ஓர் அலை நீளத்தின் தகுந்த ஒரு பின்ன இடைவெளியில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் வான்கம்பியின் தொகுதிகளாகும்.

ஏற்பிகளின் பொறுக்குதிறனை அதிகரிக்கப் படிக வடிகட்டிகள் (crystal filters) வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை உசு உசுவென ஒலிக்கும் இரைச்சலைக் குறைக்க மிகவும் உதவுகின்றன. முன்பு கூறியதுபோல ஊர்தி அலைகளை அலைவெண் பண்பேற்றம் பெறச்செய்தால் அவ்வாறு செய்யும் நுணுக்கத்தாலேயே சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் உள்ள விகிதம் அதிகரிக்கின்றது. இதஞல், ஏற்பியின் வெளிப்பாட்டில் குறிப்பிடத்தக்க தொல்லைதரும் விளைவு எதுவும் காணப்படுவதில்லை.

அலைகளின் அலைவெண் : ரேடியோ அலைகளைப் பரப்புதல் ரேடியோ அலைவெண் (radio frequency spectrum) முழுவதிலும் பலவேறு அலைவெண்களிலும் மிகவும் மாறுகிறது. பரப்புதலின் தன்மையை அலைகளின் அலைவெண்களின் உறுப்புகளாக இங்கே சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

தாழ் அலைவெண் (*15-லிருந்து 300 கி.சு. வரை) :* *300* கிலோ சுழற்சிகளுக்குத் தாழ்ந்த அலைவெண்களில் தரைஅலை மிகக் குறைவாகவே மெலிவுறுகிறது; எனவே, அதனை 1000 மைல்கள் அல்லது அதற்குமேற்பட்ட தூரங்களுக்குத் தொடர்பு கொள்வதற்குப் பயன்படுத்தலாம். சைகைகள் நிலைத்த தன்மையுடையன; நாள்முறை மாறுதல்கள், பருவகால மாறுதல்கள் ஆகியவைகளுக்குள்ளாவதில்லை. இதனினும் அதிகமான தூரங்களில் தரை அலையைக்காட்டிலும் வான்அலை முக்கியமானதாகிறது. 30-லிருந்து 300 கி.சு. வரையுள்ள வீச்சில் 500-லிருந்து 8000 மைல்கள் வரையுள்ள தூரங்களுக்கு வான்அலை பரப்புதல் சிறந்தது. இது ஏறத்தாழ முற்றிலும் நம்பத்தக்கது; ஆஞல், அயனமண்டில மாறுதல்களால் சிறிதளவு ஏற்றஇறக்கங்கள் உள்ளன.

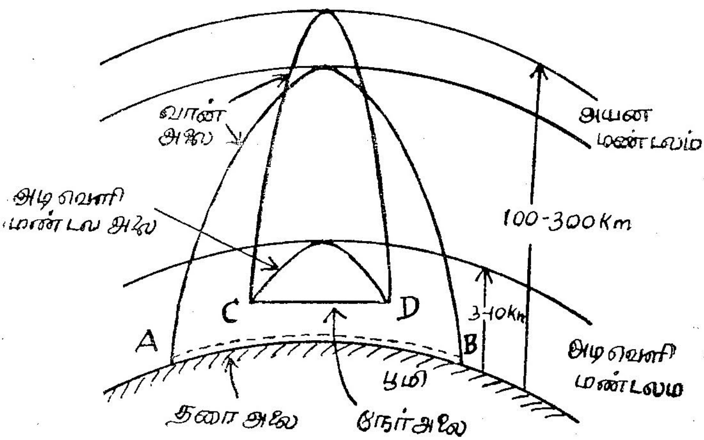
இடைநிலை அலைவெண் (Medium frequency) *300 கி.சு. லிருந்து 3 மெகா சுழற்சிகள் வரையில்) : (500—1600 கி.சு.)* அலை வரிசையை உள்ளிட்ட இந்த வீச்சில் தரைஅலையின் வீச்சு உயர் அலைவெண்களில் 50 மைலிலிருந்து தாழ் அலைவெண்களில் 200 மைல் வரையிலும் மாறுகிறது; இது பரப்பியின் திறனையும் பொறுத்திருக்கும். E படலத்தில் உட்கவர்தல் உயர்வாக இருப்பதஞல் பகற்போதில் வான்அலை ஏற்றல் முடியாது. ஆஞல், இரவில் 100-லிருந்து 300 மைல்கள் வரையில் வான்அலை ஏற்றல்

இயலுகிறது. பரப்பப்படும் அலை வரிசையில் 1400 கி.சு. வரையில் வான்அலை உட்கவரப்படுதல் அலைவெண்ணுடன் அதிகரிக்கின்றது. இந்த அலைவெண்ணில் (1400 கி.சு.) உட்கவர்தல் பெருமமாக இருக்கும். இதற்குப் பிறகு அலைவெண் உயரஉயர உட்கவர்தல் குறைகிறது.

உயர் அலைவெண் (High frequency) (3-லிருந்து 30 மெகா சுழற்சிகள்): 3 மெகா சுழற்சிகளுக்கு மேற்பட்ட அலைவெண்களில் தரைஅலையானது ஏறத்தாழ 15 மைல்களுக்குட்பட்ட மிகக் குறைந்த தூரம் தவிர்த்து மற்ற தூரங்களுக்குத் தொடர்பு கொள்வதற்குப் பயனற்ற அளவிற்கு மெலிவுறுகிறது. எனவே, வான்அலையைக்கையாளவேண்டும். இது பரப்பப்படுதலுக்கு அயனமண்டிலத்தைப் பயன்படுத்துவதால் இதைக்கொண்டு தொடர்புகொள்ளுதல், முழுவதும் நம்பக் கூடியதாக இல்லாவிட்டாலும், 12,000 மைல்கள் வரையில் தொடர்புகொள்ள முடியும். இந்த வீச்சில் அலைவெண் உயரஉயர உட்கவர்தல் குறைகிறது எனவே, அலைவெண் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு பரப்புதலும் பயனுறுதிறன் மிக்கதாக இருக்கும். ஆகையால், பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண்ணிற்கு (இதனை மேலே வரையறை செய்துள்ளோம்) முடிந்த அளவு நெருங்கிய அலைவெண்ணைப் பயன்படுத்துவது விரும்பத்தக்கது. இருந்தாலும், பயன்படுத்தக்கூடிய பெரும அலைவெண்ணிற்கு மிகவும் நெருங்கிய அலைவெண்ணைப் பயன்படுத்தினால் அயனமண்டிலத்தின் நிலையில் ஏற்படும் ஒழுங்கற்ற மாறுதல்கள் தொடர்புகொள்வதனை நிச்சயமற்றதாக்குகின்றன. வான்அலையைப் பயன்படுத்தி மிகக் குறைந்த தூரத் தொடர்புகொள்வதற்கு (சில நூறு மைல்கள் என எடுத்துக்கொள்வோம்) அலைவெண்ணனது பயன்படுத்தப்படும் படலத்தின் மாறுதான அலைவெண்ணிற்கும் கீழிருக்க வேண்டும். ஏனெனில், வான் அலை அயனமண்டிலத்தில் கிட்டத்தட்ட நிலைக்குத்தாகப் படுகிறது.

மிக உயர்ந்த அலைவெண் (Very high frequency (30 மெகா சுழற்சிகளுக்குமேல்) : இந்த அலைவெண்களில் தரைஅலை பரப்புதல் எதுவும் முடியாது; வழக்கமாக அயனமண்டிலத்திலும் திருப்பமடைதல் நிகழ்வதில்லை. எனவே, நேரடியான அலைகளைக்கொண்டு பார்வைக்கோட்டுப் பரப்புதல் (line-of-sight transmission) வாயிலாகத் தொடர்புகொள்ளவேண்டும். இங்கே மட்டான தூரங்களுக்குச் சைகை சாதாரணமாக நிலையானதாகவும், நிலைபேறுகளிலிருந்து விடுபட்டனவாகவும் இருக்கும். பார்வைக்கோட்டுக்கு மிகவும் தொலைதூரங்களுக்கு அடிவளி மண்டில அலைகள் (tropospheric waves) எனப்படும் புதிய வகை அலைகளைக்கொண்டு தொடர்பு ஏற்படுத்த முடியும்.

அடிவளி மண்டிலம் என்பது பூமியின் வளிமண்டிலத்தில் மேகங்கள் உண்டாகும் வட்டாரமாகும். இது பூமியின் மேற்பரப்பிலிருந்து 6 அல்லது 7 மைல்கள் உயரம் வரையில் நீண்டுள்ளது. இந்தப் பகுதியில் உயரம் அதிகரிக்கஅதிகரிக்க வெப்பநிலை குறை



படம் 74. ரேடியோ அலைகள் பரப்டப்படும் வகைகள்

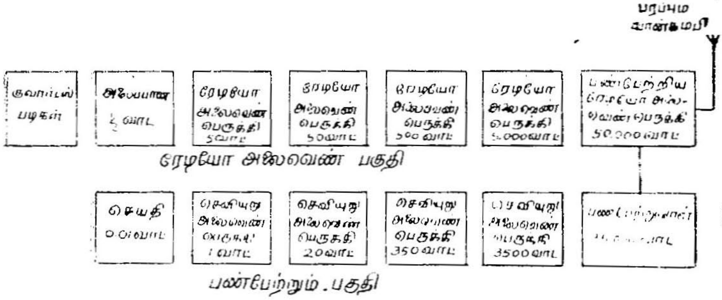
கிறது. இவ்வாறு ஏறத்தாழ —50°செ. வரை குறையும். அடிவளி மண்டிலத்திற்கு மேலே மீவளி மண்டிலம் (stratosphere) உள்ளது. இதில் வெப்பநிலை கிட்டத்தட்ட—50° செ.-ல் மாறுமல் இருக்கிறது. அடிவளிமண்டிலத்திற்குள் வளிமண்டிலத்தின் மின்விசைதாங்கும் எண் (dielectric constant) காற்று மிக அடர்த்தியாகவுள்ள பூமியின் மேற்பரப்பில் ஒன்றிற்குச் சற்றேஅதிகமாக இருக்கிறது; மேலே போகப்போக, காற்றின் அடர்த்தி குறையக்குறைய இதுவும் குறைந்து காற்றின் அடர்த்தி சுழியை நெருங்கும்போது இது ஒன்றுகக் குறைகிறது. உலர்ந்த காற்றின் மின்விசை தாங்கும் எண் ஒன்றுக்குச் சற்றே அதிகமாக இருக்கிறது; நீர்-ஆவியின் அழுத்தம் அதிகரித்தால் மின்விசை தாங்கும் எண் மேலும் அதிகரிக்கின்றது. எனவே, பயன் விளைவிக்கும் மின்விசை தாங்கும் எண் காற்றின் நிலைமைகளைப் பொறுத்திருக்கிறது. அ·து, வானிலையைப் (weather) பொறுத்திருக்கிறது. பல நேரங்களில் காற்று கொந்தளிப்பான (turbulent) நிலையில் இருக்கிறது; மற்ற நேரங்களில் வேறுபட்ட நீர்–ஆவி அளவினையுடைய, வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளில் ஒன்றின் மீதொன்ருக உள்ள பல படலங்களாக இருக்கிறது. இந்நிலைகளில் அடிவளிமண்டிலத்தில் செல்லும் அலைகள் இலேசாகப் பூமியை நோக்கி விலகலடைகின்றன. இதன் விளைவாகப் பரப்பப்படும் தூரம் அதிகரிக்கின்றது. மிக உயர்ந்த

அலைவெண்ணுடைய அலைகள் அடிவளிமண்டிலப் பரப்பலுக்கு உள்ளாகும் என்பது, அத்தகைய அலைகளைப் பயன்படுத்தும் தொலைக்காட்சியில் பார்வைக்கோட்டில் ஏற்பதைக் காட்டிலும் மிக அதிகமான தூரங்களில் ஏற்கப்படுவதிலிருந்து நிலைநாட்டப் படுகிறது. இதனைத் தொலைக்காட்சிப் பெட்டி வைத்திருக்கும் ஒவ்வொருவரும் அனேகமாக அறிவர்.

ரேடியோ அலைகளைப் பரப்பும் பலவகைகளும் படம் 74-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. எந்த ஒரு நேரத்திலும் அவற்றுள் எதனைப் பயன்படுத்துவது என்பது அலைவெண் பரப்பிக்கும், ஏற்பிக்கும் இடையேயுள்ள தூரம், அயனமண்டிலம், அடிவளிமண்டிலம் ஆகியவற்றின் நிலைமைகள் ஆகியவற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது. இவற்றுள் பல ஒரே நேரத்தில் வேலை செய்யக் காணப்பட்டாலும், ரேடியோ பரப்புதல் அவற்றுள் ஒன்று அல்லது இரண்டிற்கே உட்படுத்தப்படுகிறது அல்லது இது எவ்வாறுயினும் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பும் வகையில் ஏற்கப்படும் சைகை மற்றவகைகளால் ஏற்கப்படுவதைக் காட்டிலும் மிக வலுவாக உள்ளது.

VI. பரப்பிகள் (Transmitters)

பரப்பிகள் அடிப்படையளவில் மிக எளிமையானவை. அவை ஊர்தி அலையைத் தோற்றுவிக்க ஒன்றும், அதனைப் பண்பேற்ற ஒன்றுமாக இரு முதன்மையான பகுதிகளைக் கொண்டவை. எளிமைக்காக, இவற்றுள் முதலாவதை ரேடியோ அலைவெண் பகுதி



படம் 75. பரப்பியின் தொகுப்புப் படம்

(radio frequency section) எனவும், இரண்டாவதைப் பண்பேற்றும் பகுதி (modulating section) எனவும் கூறலாம். இவை படம் 75-ல் தொகுப்புப் படமாகக் (block diagram) காட்டப்பட்டுள்ளன.

ரேடியோ அலைவெண் பகுதி: ரேடியோ அலைவெண் பகுதியானது சரியான உயர் அலைவெண்ணில் அலைவுறும் மின்னோட்டத்தைத்

தோற்றுவிக்கப் பயன்படும் ஒரு ரேடியோ அலைவெண் அலைப்பானேயாகும். ஊர்தி அலைவெண்ணை அதன் தனி மதிப்பிலேயே நிலைநிறுத்துவதற்காக அத்தகைய அலைப்பான்கள் சாதாரணமாக ஒரு குவார்ட்ஸ் படிகத்தைப் பெற்றிருக்கும். இந்தப் படிகம் ஒத்ததிர்வுச் சுற்றின் சரிநுட்பம் வாய்ந்த கூறுக அமைந்து தாழ்ந்த திறனில் வேலை செய்கிறது. இதற்குப் பிறகு திருப்தியான முறையில் தொடர்பு ஏற்படுத்துவதற்கு வேண்டிய மட்டத்திற்குத் திறனை உயர்த்துவதற்குப் பெருக்கிகள் தேவைப்படுகின்றன. எனவே, பரப்பிகளில் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் சில குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கை ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கிகள் உள்ளன. காட்டாக, 50 கிலோ வாட் வானொலி பரப்பும் நிலையத்திற்குப் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல ஐந்து பெருக்கிகள் இருக்கலாம். ஒப்பீட்டில் தாழ்ந்த திறனுடைய அமைப்பினை உயர்திறன் பெருக்கிகளுடன் பயன்படுத்தும் முறை விரட்டும் அலைப்பான் அமைப்பு (drive osillator system) எனப்படும். தாழ்ந்த திறனுடைய விரட்டும் அலைப்பானைக் கட்டுப்படுத்தினால் வான்கம்பிச் சுற்றில் உள்ள உயர்திறனில் தேவையான மாறுதல் உண்டாகிறது. இந்த நன்மையைப் பெற்றிருப்பதால் இது உயர் அலைவெண் பரப்புதலில் பெரும்பாலும் உலகெங்கும் கையாளப்படுகிறது. படிக அலைப்பான் கொடுக்கும் திறன் ½ வாட் அளவிலேயே இருக்குமாதலான், ஒரு 50 கிலோ வாட் பரப்பி வேலைசெய்வதற்கு இத் திறனை 100,000 மடங்கு பெருக்கவேண்டியுள்ளது. பலவிடங்களில் ஊர்திஅலை அலைப்பானுடையதைப் போல் பல மடங்கு அலைவெண்ணைப் பெறுவதற்காகவேண்டி அலைவெண் பன்மடங்காக்கிகள் (frequency multipliers) கையாளப்படுகின்றன. இறுதிநிலையானது வான்கம்பிக்குத் திறனைக் கொடுக்கிறது. வழக்கமாக இந்த இறுதிநிலையில்தான் பண்பேற்றம் செய்யப்படும்.

பண்பேற்றும் பகுதி (Modulating section): மைக்ரோஃபோனினால் தோற்றுவிக்கப்படும் மின் சைகைச் செய்தி மிகத் தாழ்ந்த மட்டத்தில் இருப்பதனால் பண்பேற்றத்திற்குத் துணை செய்வதற்காகப் பெருக்கிகள் தேவைப்படுகின்றன. 50 கிலோ வாட் பரப்பியில் உள்ளிடும் செவியுறு அலைவெண் சைகையின் திறன்மட்டம் 10 மில்லிவாட்டானால் உள்ளிடும் இடத்திலிருந்து வெளிப்பாட்டின் இறுதிநிலைக்குள் பண்பேற்றி 100,000 மடங்கு பெருக்கத்தை ஏற்படுத்த வேண்டும். அலைவெண் பண்பேற்றும் பரப்பியில், பண்பேற்றும் பகுதி வீச்சுப் பண்பேற்றும் பரப்பியினுடையதிலிருந்து பெரிதும் வேறுபட்டிருக்கிறது. ஆனால், உள்ளிடும் செவியுறு அலைவெண் சைகையைப் பெருக்குதல், ஊர்தியைப் பண்பேற்றுதல் ஆகிய அதே வேலைகளையே செய்கிறது.

மேலே கூறப்பட்ட பரப்பியினது இரு அங்கங்களின் மிகவும் முக்கியமான தொழில்நுணுக்க விவரங்களில் சில :

(i) **பரப்பியின் மின்குழாய்கள் (Transmitter valves) :** உயர் திறன் பரப்பிகளுக்குத் தனி மின்குழாய்கள் திட்டமிட்டுச் செய்யப் படுகின்றன. இவைகளைச் செய்யும் தத்துவம் ஏற்கும் எளிய மின் குழாய்களைச் செய்யப் பயன்படும் தத்துவத்தையே பெரிதும் ஒத்ததாயினும், அவற்றைவிட மிகமிக அதிகமான ஆற்றல்களைக் கையாளும் திறமை பெற்றவை இவை. இவை, அளவில் மிகப் பெரியவையாக இருக்கும். அளவுக்குமேல் சூடாகாமல் ஆற்றலை அழிக்கும் திறனுக்கேற்ப அவை கணிக்கப்பட்டிருக்கும். இது மின் குழாயின் அழிக்கும் அளவு (dissipation of the valve) எனப்படும். காட்டாக, ஜெனரல் எலெக்ட்ரிக் கம்பெனியால் (General Electric Company) தயாரிக்கப்படும் கண்ணுடியாலான பரப்பும் மின்குழா யின் பெரிய வகைகளில் ஒன்று 500 வாட்டை அழிக்கும் வல்லமை யும் $1\frac{1}{2}$-லிருந்து 2 கிலோவாட் வரை திறனைக் கையாளும் வல்லமை யும் பெற்றிருக்கிறது. கண்ணுடி உறைக்குப் பதில் சிலிகா (silica) உறையைப் பயன்படுத்தினல், மின்குழாய் மிகவும் உறுதியாக இருப்பதோடு நன்கு சூடாக்கப்பட்ட நிலையிலும் வேலை செய் கிறது. மின்குழாயில் உண்டாகும் வெப்பத்தை அழியச் செய்வதற்குக் காற்றினை வீசிக் குளிர்விக்கும் முறை (air blast cooling) கையாளப்படுகிறது. அத்தகைய மின்குழாய்களை 10 கிலோ வாட்டினைக் கையாளுவதற்குப் போதுமான அளவு பெரிதாகச் செய்யலாம். தற்காலத்திய நீரால் குளிர்விக்கப்படும் மின் குழாய் களைக் கொண்டு இதனினும் அதிகமான திறனைக் கையாளக் கூடும். இம் மின்குழாய்களில் நேர்மின்வாயே உறையாக உள்ளது. இடைவாயும் இழையும் இதற்குள் கண்ணுடியிலிருந்து உலோகத் திற்கு இணைக்கும் முறையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நேர்மின் வாய் அதற்கும் வெளிப்புறத்தில் ஓர் உலோகக் கொள்கலத்தினுல் சூழப்பட்டுள்ளது. இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள வெளியில் நீர் சுழன்று வரும்படி செய்யப்படுகிறது. இதனுல் வெப்பம் அங் கிருந்து நீக்கப்படுகிறது. இத்தகைய மின்குழாய்கள் 25 கிலோ வாட்டும் அதற்கு மேலும் கையாளும் வல்லமை பெற்றவை. அவற்றில் பலவற்றைப் பயன்படுத்தி 500-லிருந்து 1,000 கிலோ வாட் வரையுள்ள திறங்களைக் கையாளலாம். இந்த வரிசையி லுள்ள திறன்கள் பல துறைகளில் தேவைப்படுகின்றன. மிகவும் நம்பகமான தொலைதூரத் தொடர்புகளுக்கு 1000 கிலோ வாட் திறன்வரையுள்ள மாபெரிய பரப்பிகள் பயன்படுத்தப் பெறு கின்றன. பல வானெலி பரப்பும் நிலையங்கள் 50 வாட்டிலிருந்து

50 கிலோவாட் வரை வேறுபடும் திறன்களைப் பயன்படுத்து கின்றன. இத் தகைய மின்குழாய்களுக்கு 5,000-லிருந்து 10,000 வோல்ட்டுகள் வரையுள்ள மின்னழுத்தங்கள் பயன்படுகின்றன.

பயன்படுத்தப்படும் மின்குழாய்களும், அவை வேலை செய்யும் தன்மையும், அவை என்ன காரியத்துக்குப் பயன்படுகின்றன என்ப தனுல் நிச்சயிக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறுக, பரப்பியின் ரேடியோ அலைவெண் பகுதியில் படிக அலைப்பான் பகுதிக்கு ஒரு நான்முனைக் குழாய் அல்லது ஐம்முனைக் குழாய் பயன்படுத்தப்படுகிறது; இது மும்முனைக் குழாயைக் காட்டிலும் மிகுந்த நன்மையுடையது. ஏனெனில், இவை படிகத்தின்மீது மிக இலேசாகவே சுமையேற்று கின்றன. மேலும், சற்று அதிகமான வெளிப்பாட்டுத் திறன் கிடைக்கிறது. படிக அலைப்பானின் அலைவெண் நிலையாயிருப் பதைப் பாதுகாக்கின்ற இடைத் தடுப்புப் பெருக்கிக்கு (buffer amplifier) *A* வகையில் வேலை செய்யும் ஐம்முனைக் குழாயைப் பயன்படுத்தலாம்; இது படிக அலைப்பான் மீது அதற்கு மேற்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் நிலைகள் ஆட்சி செலுத்துவதிலிருந்து இடைத் தடுப்பாகச் செயல்படுவதோடல்லாமல் விரும்பிய அளவு வெளிப்பாட்டுத் திறனைக் கொடுக்கும் பெருக்கியாகவும் வேலை செய்கின்றது. இணைநிலையில் வேலைசெய்கின்ற இரு நான்முனைக் குழாய்கள் வழக்கமாக ஒரு சிறந்த மாதிரி இடைத் தடுப்புப் பெருக்கியாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பண்பேற்றப்பட்ட இறுதிநிலைக்குத் தேவையான ரேடியோ அலைவெண் விரட்டும் திறனைக் கொடுக்கிற அடுத்த விரட்டும் நிலைக்கு (driver stage) ஈடுகட்டப்பட்ட தள்ளு-இழு முறையில் இணைக்கப்பட்ட *C* வகை திறன்பெருக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை மும்முனைக் குழாய்களாகவோ நான்முனைக் குழாய்களாகவோ அல்லது ஐம் முனைக் குழாய்களாகவோ இருக்கலாம். இது குறிப்பிட்ட திறனை யும், அலைவெண்ணையும் கையாளுவதற்கேற்ப அமைக்கப்பட்டுள்ள தரமான மின்குழாய்கள் கிடைப்பதைப் பொறுத்தது. இடைத் தடுப்பு நிலைக்கும் விரட்டும் நிலைக்கும் இடையில் வழக்கமாக ஓர் இடைநிலைப் பெருக்கி மின்குழாய் இருக்கும். இது *C* வகையில் வேலைசெய்யும் ஐம்முனைக் குழாயாக இருக்கும். இது விரட்டும் நிலைக்குத் தேவையான திறனை வழங்குகிறது. விரட்டும் நிலை இடைநிலை பெருக்கும் நிலையிலிருந்து சிறப்பாகக் கீழ்க்கண்ட காரணத்தால் வேறுபடுகிறது என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். அதாவது, விரட்டும் நிலையானது எல்லா நேரத்திலும் பண் பேற்றப்பட்ட பெருக்கும் இறுதிநிலைக்குப் போதுமான அளவு திறனைக் கொடுக்க வேண்டும்; மேலும் இந்தச் செயல்முறையில் சுமை மாறுபடுகின்ற நிலைகளிலும் இது ஒரு மாறு மின்னழுத்தத்

திறனைக் கொடுக்கும் தோற்றுவாயாக விளங்க வேண்டும். இறுதியான, நேர்மின்வாய் பண்பேற்ற C வகை ரேடியோ அலைவெண் திறன்பெருக்கியானது தள்ளு-இழு முறையில் இணைநிலையாக இணைக்கப்பட்டுள்ள, நீரால் குளிர்விக்கப்பட்ட மின்குழாய்களைக் கையாளுகிறது. மும்முனைக் குழாய்களையும் ஐம்முனைக் குழாய்களையும் பயன்படுத்தலாம். முந்தியது ஒப்பீட்டில் தாழ்ந்த பெருக்கத்தை உடையது; பிந்தியது மிகவும் உயர்ந்த திறன் வெளிப்பாட்டை உண்டாக்குகிறது. கருவியினை இணைக்கப் பயன்படும் சிறு கம்பிகள் மிக உயர்ந்த மின் எதிர்ப்புடைய மின் பொருண்மைகளாக ஆகின்ற நிலைக்கு வேலைசெய்யும் அலைவெண் அதிகரிக்கப்பட்டால், இந்த வெளிப்பாடு மேலும் நிலையற்றதாகவும் அதனோடு பயனுறுதிறன் குறைந்ததாகவும் ஆகின்றது. மேலும், நம் காரியத்திற்கேற்ப அவற்றைத் திட்டமிட்டு அமைத்தலும் கடினம். ஏனெனில், இதில் ஒதுக்குவாயினைக் (screen grid) குளிர்விக்கும் பிரச்சினையுள்ளது. எனவே, பண்பேற்றப்பட்ட பெருக்க இறுதி நிலைக்கு மும்முனைக் குழாய்களே விரும்பப்படுகின்றன.

பண்பேற்றும் பகுதியில், மைக்ரோஃபோன் A வகை மின்னழுத்தப் பெருக்கி ஒன்றிற்கு ஒரு மின்மாற்றி வழியாக ஊட்டுவிக்கிறது. இந்தப் பெருக்கி A வகை மும்முனைக் குழாய் பெருக்கியினைச் செலுத்துகிறது. இதற்கு அடுத்த நிலை ஒரு AB வகை தள்ளு-இழு திறன் பெருக்கியால் ஆனது. இது பண்பேற்றப்பட்ட இறுதி நிலைக்குத் தேவையான வெருட்டும் செவியுறு திறனை வழங்குகிறது. இறுதியான ரேடியோ-அலைவெண் திறன் பெருக்கியினை 100%-ல் பண்பேற்றுவதற்குத் தேவையான செவியுறு திறனானது ரேடியோ அலைவெண்ணின் இறுதியான திறனில் பெரும் பின்னமாக இருக்க வேண்டும். காட்டாக, 50 கிலோ வாட் ரேடியோ அலைவெண் திறனில் இது 35 கிலோ வாட் இருக்கவேண்டும். இந்தத் திறனை வழங்குவதற்கு இறுதியான ரேடியோ அலைவெண்திறன் மின் குழாய்களைப் போன்ற அதே வகைப் பெருக்கி மின்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை B வகையாக வேலை செய்யும் நிலைமைகளில் இணைநிலையான தள்ளு-இழு சுற்றுகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. திரிபில்லாத பெருக்கத்திற்கு B வகை பெருக்கியின் இரு பாதிகளும் முற்றொத்த நிலைமைகளில் வேலை செய்ய வேண்டும். இதனை உறுதி செய்து கொள்வதற்காக இணைப் பொருத்தமுடையனவாக்கப்பட்ட மின்குழாய்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன; ஒவ்வொரு பாதிக்கும் கொடுக்கப்படும் இடைவாய் எதிர்மின்னழுத்தங்கள் தனித்தனியாகச் சரிசெய்யப்படுகின்றன.

(ii) **திறன் வழங்கிகள் (Power supplies)** : பொதுவாக, பரப்பியின் பலவேறு பகுதிகளுக்குத் தேவையான திறன்வழங்கிகள் இரு-

திசை மின்னேட்ட ஊற்றுக் கால்களிலிருந்து (A.C. mains) நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு ஒன்றினைக்கொண்டு பெறப்படுகின்றன. இந்த நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு தகுந்த ஒரு மின்மாற்றி (transformer), நிவர்த்திக்கும் குழாய்கள், இழைவிக்கும் மின்னேற்பிகள், மின்பொருண்மைகள் ஆகியவற்றால் ஆனது. அலைப்பான், இடைத் தடுப்பு ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி, வெருட்டும் ரேடியோ அலை வெண் பெருக்கி, செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியின் முதன் மூன்று நிலைகள் ஆகியவற்றின் தகடு, ஒதுக்குவாய் தாழ் மின்னழுத்தங்கள் நிவர்த்திக்கும் இருமுனைக் குழாய்கள் நான்கினைக் கொண்ட ஒரு தாழ் மின்னழுத்த நிவர்த்திப்பானிலிருந்து கொடுக்கப்பெறுகின்றன. ரேடியோ அலைவெண் திறன்பெருக்கி, பண்பேற்றுவான் ஆகியவற்றிற்குத் தேவையான உயர் மின்னழுத்தம் (5,000 வோல்ட்டுகள் வரை) நிவர்த்தித்தலுக்காகத் திட்டமிட்டுச் செய்யப்பட்ட தைரட்ரான் குழாய்கள் நான்கினைக் கொண்டு அமைக்கப்பட்ட ஒரு நிவர்த்திப்பானிலிருந்து எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. தைரட்ரான்கள் ஏன் பயன்படுத்தப்படுகின்றன வென்றால், அவற்றின் சிறப்புப் பண்பாகிய வினைத்தொடர் தொடக்கும் செயலை (triggering action) நிவர்த்திப்பானிலிருந்து வெளிப்படும் மின்னழுத்தத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதற்குப் பயன்படுத்திக்கொள்ளலாம். செவியுறு அலைவெண் விரட்டுவானுக்குத் தேவையான இடைவாய் மின்னழுத்தமானது கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம் மாறாமல் இருக்கும்பொருட்டு ஸெலினியம் நிவர்த்திப்பானைக் கையாண்டு வழங்கப்படுகிறது.

(iii) ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கிகளை ஈடுகட்டுதல் (Neutralising of r–f amplifiers): ஒரு பரப்பியினை இயக்குவதில் செய்யப்படவேண்டிய மிக முக்கியமான ஆரம்பச் சரிசெய்தல்களில் ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கிகளை இசைவித்தலும் (turning) ஈடுகட்டுதலும் (neutralising) ஆகும். மும்முனைக் குழாயின் இடைவாய்-தகடு மின்னேற்புத் திறனானது, தகட்டிலிருந்து இடைவாய்–எதிர்மின்வாய் மின்னேற்பிக்கு ஒரு மின்னேட்டம் பாய அனுமதிக்கிறது எனவும், இதனால் புறவாய்ச் சுற்றிலிருந்து அகவாய்ச் சுற்றிற்குப் பின்னூட்டம் ஏற்படுகிறது எனவும் இதனால் அதிலேயே தன்-அலைவுகள் (self-oscillations) உண்டாகின்றன எனவும், முன்னரே கூறப்பட்டுள்ளது. அதனோடு, அதற்குச் சமமான ஆனால், எதிர் அதிர்வு நிலையிலுள்ள மின்னேட்டத்தை இடைவாய்-எதிர்மின்வாய் மின்னேற்பிக்கு ஈடுகட்டும் சுற்று (neotrodyne) ஒன்றின் வழியாகப் பின்னூட்டுவித்தலால் இதனை ஈடுகட்டலாமெனவும் சுட்டிக் காட்டப்பெற்றுள்ளது. இவ்வாறு பின்னூட்டுவித்தலால் இடைவாயிலுள்ள

தொகுபயன் மின்னழுத்தம் சுழியாகவோ அல்லது பின்னூட்டம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவிற்குக் குறைக்கப்படவோ செய்கிறது. ஒரு தனிப்பக்கப் பெருக்கியில் தகட்டிற்கும் இடைவாய்க்கு மிடையில் நேராக இணைக்கப்படுகின்ற ஈடுகட்டும் மின்னேற்பியானது இடைவாய்-தகடு மின்னேற்பியினுடையதற்குச் சமமான அதே அதிர்வுநிலை மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்குமாதலால் எதிர் அதிர்வு நிலையிலுள்ள ஈடுகட்டும் மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்க ஒரு முறையை வகுக்க வேண்டும். ஈடுகட்டும் மின்னேற்பியுடன் தொடர்நிலையாக ஒரு மின் பொருண்மையை இணைப்பதால் இது நிறைவேற்றப்படுகிறது. தள்ளு-இழு ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கிகளில் தேவைப்படும் ஈடு கட்டும் எதிர் அதிர்வு நிலை மின்னழுத்தமானது, ஈடுகட்டும் மின்னேற்பியினை அதற்குரிய இடைவாயிலிருந்து எதிர்குழாயின் தகட்டிற்கு இணைப்பதன் வாயிலாக எளிதில் பெறலாம். இத்தகைய நிலையில் அதிர்வுநிலையை எதிர் நிலைக்கு மாற்றும் மின்பொருண்மை ஏதும் தேவையில்லை.

(iv) பரப்பிகளில் தலைகீழ்ப் பின்னூட்டம்: (Inverse feed-back in transmitters): பண்பேற்றப்பட்ட பரப்பியில் 'பண் பேற்ற உறை' (modulation envelope ஆனது பண்பேற்றப் பெருக்கியில் உள்ளிடப்படும் சைகையின் அதே அலை உருவத்தைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். எனவே, இந்தப் பெருக்கியானது புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறிதாக முரல் ஒலியோ (hum) அல்லது இரைச்சலோ இருக்குமாறும் முடிந்த அளவு குறைவான திரிபு உண்டாக்குமாறும் திட்டமிட்டுச் செய்யப்படுகிறது. தலை கீழ்ப் பின்னூட்டத்தைக் கொண்டு எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட (over all) அலைவெண் எதிரளிப்பினை (response) மேம்படச் செய்யவும் முரல் ஒலியும் இரைச்சலும் குறைக்கப்படவும் இயலும். எனவே, இது வானொலி பரப்பிகளில் பொதுவாகக் கையாளப்படுகிறது.

பொதுவாக, தலைகீழ்ப் பின்னூட்டம் என்பது முன்பே கூறியது போல (பக்கம் 215ஐப் பார்க்கவும்) வெளிப்பாட்டு மின்னழுத்தத்தில் சிறிதளவினை அதற்கு முந்தைய நிலைகளில் ஒன்றிற்குப் பின்னூட்டுவித்தல் ஆகும். இவ்வாறு செய்யும்போது பின்னூட்டும் மின்னழுத்தம் அந்த நிலையிலுள்ள மூலச் சைகையின் மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்க வேண்டும். பெருக்கியில் சிறிது திரிபு உண்டானல் உள்ளீட்டில் இல்லாத புதிய அலைவெண்கள் வெளிப்பாட்டில் இருக்கும். இந்தப் புதிய அலைவெண்கள் இப்போது பெருக்கியிலேயே உண்டாக்கப்படுவனவற்றினை அழித்துவிட முயலும் திசையில் உள்ளீட்டுடன் சேர்க்கப்படுகிறது. மீண்டும் சில அலைவெண்கள் மற்றவற்றைக் காட்டிலும் அதிகமாகப் பெருக்க

மடையும்படி பெருக்கி அலைவெண் திரிபை உண்டாக்கினுல் இந்த அளவுக்குமேல் அதிகமாகப் பெருக்கமடைந்த அலைவெண்கள் பின்னூட்டுவித்தல் காரணமாக உள்ளீட்டில் ஒரு பெரிய சைகையினை உண்டாக்குகின்றன. இந்தப் பெரிய சைகை மூலச் சைகையினை எதிர்க்கிறது. இதனுல் இந்த அலைவெண்களில் உண்மையாகவே உள்ளிடப்படும் சைகையின் வலுக் குறைவாக இருக்கும்.

வானொலி பரப்பிக்காக ஒரு தலைகீழ்ப் பின்னூட்டும் சுற்றினைக் கீழ்க்கண்டவாறு திட்டமிட்டு அமைக்கலாம். ரேடியோ அலைவெண் புறவாய்ச் சுற்றுடன் பிணைக்கப்பட்ட ஒரு சுருளானது ஒரு நேர்கோட்டுக் கண்டுபகுப்பானை வழங்குகிறது. இது ரேடியோ அலைவெண் மின்னழுத்த வெளிப்பாட்டின் வீச்சிற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ள ஒரு மின்னழுத்தத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இந்த மின்னழுத்தம் தலைகீழ்ப் பின்னூட்டத்தைக் கொடுப்பதற்குச் சரியான அதிர்வுநிலையில் பின்னூட்டுவிக்கப்படுகிறது. இது எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பின்னூட்டம் (overall feedback) எனப்படுகிறது. செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியில் அதிர்வுநிலைப் பெயர்ச்சிகள் (phase shifts) இல்லாவிட்டால் (ஒவ்வொரு மின்குழாயிலும் உண்டாக்கப்படும் அதிர்வுநிலைத் தலைகீழ் மாற்றங்கள் அல்லாமல்) கண்டுபகுப்பானின் புறவாய்க்கும் செவியுறு பெருக்கியின் அகவாய்க்கும் நேரடியாக ஓர் இணைப்பை ஏற்படுத்தினுல் போதும். எனினும், பல நிலைகளுக்குமிடையேயுள்ள பிணைப்புகள் மின் மாற்றியிலுள்ள திட்டவட்டமான மதிப்புடைய முதனிலை மின்பொருண்மைகள், மின்மாற்றியின் கசிவு மின்பொருண்மைகள், எதிர்பாராது அவ்வப்போது உண்டாகும் மின்னேற்பிகள் போன்றவற்றின் விளைவால் அலைவெண்ணுக்கேற்ப மாறுகின்ற அதிர்வுநிலைப் பெயர்ச்சிகள் உண்டாகின்றன. செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியில் அதிர்வுநிலைப் பெயர்ச்சிகளுக்கு ஈடு செய்வதற்காகத் திருத்தும் பின்னல் (correcting network) ஒன்று தேவைப்படுகிறது. எனவே, உயர்மட்ட பண்பேற்றிய *B* வகைப் பரப்பிகளில் (high-level class *B* modulated transmitters) தலைகீழ்ப் பின்னூட்டச் சுற்று பின்கண்டவாறிருக்கும். மின்தடை, மின்னேற்பி இணைப்பு ஒன்று பண்பேற்ற மின்மாற்றியின் முதற் சுருளின் குறுக்கே (அ-து., பண்பேற்றுவானின் புறவாயின் குறுக்கே) தொடர்நிலை அமைப்பாகச் சேர்க்கப்படுகிறது. இதன் மையம் தரையிடப்பட்டிருக்கும். உட்கோடியில் இருக்கிற மின்தடைகள் இரண்டிலிருந்து பின்னூட்டும் செவியுறு மின்னழுத்தம் எடுக்கப்பட்டுச் செவியுறு அலைவெண் அகவாய் மின்மாற்றியின் மையத்தில் எதிர் அதிர்வுநிலையில் பின்னூட்டுவிக்கப்படுகிறது.

மேற்கண்ட சாதனத்தினுல் திரிபு முழுவதையும் நீக்கிவிட முடியாது. எனவே, பரப்பிகளைத் திட்டமிட்டு அமைப்பதில் 2·5% எனும் சிறும திரிபு அனுமதிக்கப்படுகிறது. சாதாரணமாக கவனத்திற்கெட்டாத திரிபின் எல்லையை இது குறிக்கிறது. ஆனுல், கவனிக்கத்தக்க அளவு விரும்பத்தகாத விளைவுகளில்லா மல் இந்த எல்லையைப் பெருமளவில் தாண்ட முடியாது.

(v) செவியுறு அலைவெண் எதிரளிப்பு (Audio-frequency response): வானொலி பரப்பிகளை அமைப்பதில் அது பரப்ப வேண்டிய செவியுறு அலைவெண் வரிசையின் அகலத்தை நிச்சயித்துக் கொள்ளவேண்டும். 30-லிருந்து 15,000 சுழற்சிக்குள் உள்ள அலைவரிசையில் பரப்புதலுக்குப் பெருஞ்செலவு ஆகும். பொதுவாக இதனை வானொலி ஏற்பிகளுக்குப் பயன்படுத்த முடி யாது. சராசரி ஏற்பி ஒன்று ஏறத்தாழ 50-லிருந்து 7,500 சுழற்சி கள்வரை எதிரளிக்கும் (respond). எனவே, இந்த வீச்சிற்குட்பட்ட எல்லா அலைவெண்களும் 10%-க்குமேல் பெருக்கத்தில் மாறுதல்கள் இல்லாமல் பரப்பப்பட வேண்டுமென ஒரு நிபந்தனையை விதிப்பது நியாயமானதே. சிறந்தனவாகிய சில ஏற்பிகள் 30 -லிருந்து 10,000 சுழற்சிக்குட்பட்ட வீச்சிற்கு எதிரளிக்கின்றன. எனவே, இந்த அகன்ற வீச்சினை ஏறத்தாழ 15% எனும் அளவில் சற்று இளகிய ஒப்புரவுடன் (looser tolerance) பரப்புதல் நியாய மானதே. இந்த அளவு மாறுபாட்டினை தொனி மாருத பண்பேற் றங்களைக்கொண்டு இரு மட்டங்களையும் முன்னும் பின்னுமாக மாற்றி மாற்றி ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால்தான் கேட்பவர் சரியாக உணர முடியும். மேலும் பலவேறு மட்டங்களும் தொடர்ச்சி யான ஏற்ற இறக்கங்களையுடைய பேச்சு அல்லது இசையினுல் ஆகியிருக்கும்போது அவற்றை உணர்வது மிகவும் கடினம். இவ் வாருக, பரப்பியானது 50-லிருந்து 7,500 சுழற்சிகட்கு உள்ளிட்ட எல்லா அலைவெண்களையும் அவை அதிகரிப்பதோ குறைவதோ 10%-க்கு மேற்படாமல் பெருக்கவேண்டும்; 30-லிருந்து 10,000 சுழற்சிகளுக்குட்பட்டவற்றை 15% மாற்றத்திற்கு மேற்படாமல் பெருக்கவேண்டும்.

நாம் பரப்பிக்கான சுற்று எதனையும் கொடுக்கவில்லை என் பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில், பரப்பியின் முழு அமைப்பும் சிக்கலானது. இதற்குரிய காரணங்களாவன: ஒவ் வொரு நிலையிலும் விரிவாகக் கவனம் செலுத்த வேண்டும், பரப்பி சேவை செய்ய வேண்டிய காரியத்திற்கேற்ப அதன் திட்ட அமைப்பும் இயற்கையாக மாறுகிறது. இருந்தாலும், மேலே கூறிய அடிப்படைகள் எல்லா பரப்பிகளுக்கும் ஒன்றே.

VII. ஏற்பிகள் (Receivers)

ஒரு பரப்பும் நிலையத்திலிருந்து ஒலிபரப்பப்படுகின்ற பேச்சு அல்லது இசைச் சைகைகளைக் கண்டுபிடிப்பதே ஒரு ரேடியோ ஏற்பியின் அடிப்படை வேலையாகும். ஏற்கப்படுகின்ற கம்பியிலாச் சைகைகள் தாழ் அலைவெண் (செவியுறு அலைவெண்) பேச்சு அல்லது இசை அலைகளால் பண்பேற்றப்பட்ட உயர் அலை வெண் (ரேடியோ அலைவெண்) ஊர்தி அலைகளாலானது. பல வேறு அலைவெண்களில் வேலை செய்யும் பல வானொலி நிலையங்கள் இருப்பதனால் முதலில் நாம் விரும்பும் நிலையத்தைப் பொறுக்கிக் கொள்ள வேண்டும். அப்போதுதான் மற்ற நிலையங்களிலிருந்து வரும் சைகைகள் விலக்கப்பட்டு குறுக்கீடு தவிர்க்கப் படுகிறது. இது இசைவிப்பான்களால் (tunners) அ·து., இசைவிக்கப்பட்ட பொறுக்கும் சுற்றுகளால் நிறைவேற்றப்படுகிறது. அடுத்து, பொறுக்கியெடுக்கப்பட்ட சைகைகள் தொலைவிலுள்ள பரப்பியிலிருந்தோ அல்லது தாழ்திறனுடைய பரப்பியிலிருந்தோ வருவதால், வழக்கமாக வலுக் குறைந்தே உள்ளனவாதலால், அவற்றை ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கிகளைக் கொண்டு பெருக்க வேண்டும். நடைமுறையில் பொறுக்குந்திறனும் (seletivity), ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கமும், இசைவிக்கப்பட்ட அகவாய்ச் சுற்றும் புறவாய்ச் சுற்றும் உடைய ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கியைக் கொண்டு ஒன்றாகவே பெறப்படுகின்றன. அலைவெண் திரிபைத் தவிர்ப்பதற்காகப் பரப்பப்படும் அலைவெண் வரிசையின் அகலம் முழுவதும் ஒரே அளவில் பெருக்கப்படவேண்டும் ; அதே நேரத்தில் குறுக்கீட்டைத் தவிர்ப்பதற்காக இந்த எல்லைகளுக்கு அப்பாற்பட்ட எதனையும் ஒடுக்கவேண்டும். இவ்வாறு பொறுக்கி பெருக்கப்பட்ட சைகைகள் நேரடியாக ஒரு தொலைபேசி அல்லது ஒலிபெருக்கி வழியாக அனுப்பப்பட்டால் அவற்றின் இடைத்திரை (diaphragm) சைகைகளின் உயர் அலைவெண்ணில் அதிர்வுற முடியாது. எனவே, செவியுறு அலைவெண் செய்தி அலைகளை ரேடியோ அலைவெண் ஊர்தி அலைகளிலிருந்து ஒரு நிவர்த்திப்பானால் பிரிக்க வேண்டியுள்ளது. இந்த நிவர்த்திப்பான் பண்பிறக்கம் (demodulate) செய்து கண்டுபிடிக்கிறது. ஓர் அலையின் மேல், கீழ் ஆகிய இரு பாதிகளிலும் செவியுறு அலைவெண் சைகை இருப்பதால் நிவர்த்திக்கும் செயல்முறையானது சைகையின் ஒரு பகுதியைத் துண்டித்துவிடுகிறது ; பிறகு செவியுறு அலைவெண் ரேடியோ அலை வெண்ணிலிருந்து கிளைவழி செலுத்தும் ஒரு மின்னேற்பியினால் பிரிக்கப்படுகிறது. இறுதியாக, பிரிக்கப்பட்ட செவியுறு அலை வெண் சைகை ஓர் ஒலி பெருக்கியை நன்றாக இயக்குவதற்காக அது செவியுறு அலைவெண் பெருக்கிகளால் மேலும் பெருக்கப்

படுகிறது. எனவே, ஏற்கும் கருவியானது மேற்கூறிய செயல்களைச் செய்வதற்கான இன்றியமையாப் பகுதிகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

ஏற்பியின் அடிப்படைப் பண்புகளாவன :

(1) **பொறுக்குந்திறன் (Selectivity):** இது வேண்டாத சைகைகளின் குறுக்கீட்டிலிருந்து நீக்கி விரும்பும் சைகையினைப் பொறுக்கியெடுக்க ஏற்பிக்கு உதவுகிறது. உயர்ந்த பொறுக்குந்திறன் என்றால் அது ஏற்க விரும்பும் அலைவெண்ணிலிருந்து வேறுபட்ட அலைவெண் சைகைகளின் குறுக்கீட்டைத் தவிர்த்தல் எனப் பொருள்படும். ஓர் ஏற்பியானது பெருக்கும் திறனைப் பொறுத்த மட்டில் மிகுந்த பயனுறுதிறன் வாய்ந்ததாக இருந்தாலும், அது பொறுக்குந்திறனில்லாததாக இருந்துவிட்டால் அது பயனற்றது. ஏனெனில், விரும்பும் சைகைகளுடன் குறுக்கிடும் வேண்டாதவையும் பெருக்கப்படுகின்றன; அதனால் வழக்கமாக 'நெருக்கடி' (jamming) எனப்படுவது உண்டாகிறது.

(2 **உணர்திறன் (Sensitivity) :** உணர்திறன் அல்லது செவியுறும் பண்பு (audibility) என்பது வசதியாகக் கேட்கக்கூடிய வகையில் சைகை எந்த அளவிற்குப் பெருக்கப்படவேண்டும் என்பதனைச் சுட்டிக் காட்டும். மிகுந்த உணர்திறமுடைய ஏற்பிக்குக் கணிசமான வெளிப்பாட்டுத் திறனை வழங்குவதற்குச் சிறிதளவு உள்ளிடும் மின்னழுத்தமே தேவைப்படுகிறது. இவ்வாறாக, உணர்திறம் என்பது ஏற்பியினால் எந்த அளவு வலுக் குறைந்த சைகைகளைப் பக்குவப்படுத்தலாம் என்பதன் ஓர் அளவாகும். வலுக்குறைந்த சைகைகளை ஏற்பதற்காகத் திட்டமிட்டு அமைக்கும் ஏற்பியின் எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட பெருக்கம் பல மில்லியன் மடங்குகளாக இருக்கவேண்டும். இப்பெருக்கத்தின் ஒரு பகுதி ரேடியோ அலைவெண் நிலைகளிலும் மற்றொரு பகுதி செவியுறு அலைவெண் நிலைகளிலும் பெறப்படுகின்றது. இரைச்சலானது வானிடை ஓசைகள் போன்ற இயற்கையான காரணங்களிலிருந்து வந்தாலும் அல்லது மின்தடைகளில் எலெக்ட்ரான்கள் வெப்பக் கிளர்ச்சி அடைதல் (thermal agitation), பயன்படுத்தப்படும் மின்குழாய்களின் எதிர் மின்வாய்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் ஒழுங்கற்ற வீதத்தில் வெளிப்படுவதால் விளையும் மின்குழாய் இரைச்சல் (tube noise), உயர் மின்னழுத்த நிவர்த்திப்பான்களிலிருந்து வரும் முரல்ஒலி (hum) போன்ற ஏற்பியின் நடைமுறைத் திட்ட அமைவைப் பொறுத்து ஏற்படுகின்ற, மனிதனால் உண்டாக்கப்படுவதாக இருந்தாலும், இந்த இரைச்சல் ஏற்பியின் பெருக்கத்திற்கும் அதனால் பொறுக்கு திறனுக்கும் ஒரு வரம்பினை

ஏற்படுத்துகிறது. ஏற்பியின் துவக்க நிலைகளில் உண்டாகும் இரைச்சல் மின்னழுத்தங்கள் ஏற்பி அனுமதிக்கும் அலைவரிசைக் குள்ளிட்ட அலைவெண்களைப் பெற்றிருந்தால்தான் அவை முக்கியத்துவம் உடையன; பொதுவாக பொறுக்குந்திறன் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக் கவ்வளவு வெளிப்படும் இரைச்சலும் அதிகமாக இருக்கும். எனவே, சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் இடையேயுள்ள விகிதம் உயர்ந்ததாக இருக்கவேண்டின், கண்டுபகுத்தலுக்கு முன்னர் பொறுக்கிப் பெருக்குதல் விரும்பத்தக்கது. அருகிலுள்ள நிலையங் களை ஏற்பதற்காக அமைக்கப்பட்ட ஏற்பி மிகுந்த உணர்திறனுடன் இருக்கத் தேவையில்லை. ஆனால், பன்னாட்டு வானொலியை ஏற்றலுக்குப் பயன்படுத்தப்பெறும் ஏற்பியானது மிகவும் வலுக் குறைந்த சைகைகளையும் இயற்கையான இரைச்சல், எதிர்பாராது விளையும் பலதிறப்பட்ட இரைச்சல் ஆகியவற்றின் குறுக்கீட்டின் ஊடே ஏற்கக்கூடிய அளவு உயர்ந்த உணர்திறம் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

(3) திறம்பாமை (Fidelity): திறம்பாமை என்பது வானொலி பரப்பும் நிலையத்தில் நிகழ்வதை அப்படியே மாறுபாடின்றி மீட்டு ருவாக்கும் தன்மையாகும். உயர்ந்த திறம்பாமை உடைய ஏற்பி எனப்படுவது திரிபில்லாமல் ஓர் அகன்ற அலைவெண் வரிசையில் ஒரே மாதிரியான அலைவெண் எதிரளிப்பினை உடையதே ஆகும். திரிபு பெருமளவில் குறைக்கப்பட்டுள்ளது; எனவே, உண்டாக்கப் படும் பெருக்கமானது செவியுறு அலைவெண், வீச்சின் அலைவெண், வீச்சு ஆகியவற்றைச் சாராதிருக்கும்படி செய்தால் உயர்ந்த திறம்பாமை கிடைக்கிறது.

ஓர் ஏற்பியின் பலவேறு அங்கங்களால் இந்த அடிப்படைப் பண்புகள் எவ்வாறு பெறப்படுகின்றன என்பதனைப் பார்ப்போம்.

பொறுக்கி இசைவிப்பு (Selective tuning): இசைவிப்பானது ஒரு மின்பொருண்மையாலும் அதனுடன் இணைநிலையில் இணைக்கப் பட்டுள்ள மாறு மின்னேற்பி ஒன்றினாலும் ஆன ஓர் இணைநிலை ஒத்ததிர்வுச் சுற்றாக (parallel resonant circuit) இருக்கலாம். இத்தகைய இரு சுற்றுகளை ஒரு மின்னேற்பி கொண்டு ஒன்றாகப் பிணைத்தால் ஏறக்குறைய ஒரே சீரான எதிரளிப்பு, ஒரு வரை யறைக்குட்பட்ட அலைவெண் எல்லைக்குள் கிடைக்கும்; இந்த எல்லைக்கு அப்பால் மிகக் கூரிய முட்டுநிலை (cut off) கிட்டும். எனவே, இந்தப் பிணைப்புச் சுற்று ஓர் அலைவரிசை-கடத்தும் இசை விப்பானாக (band-pass tuner) அமைகிறது. இதன் பொறுக்கு திறன் ஒரு தனிச்சுற்றினுடையதைவிட கணிசமான அளவு அதிக

மாக இருக்கும். மிக உயர்ந்த பயனுறு திறனை அடைவதற்காகப் பிணைப்புச் சுற்றின் இரு கூறுகளும் ஒத்ததிர்வு அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்படுகின்றன. இது 'இரட்டை மின்னேற்பி' (dual condensor) எனப்படும் ஒன்றினால் நிறைவேற்றப்படுகிறது. இது ஒரே சுழல் தண்டின் (shaft) மீது பொருத்தப்பட்டுள்ள இரண்டு மாறு மின்னேற்பிகளால் ஆனது. ஒத்த மின்பொருண்மைச் சுருள்களையும் முற்றொத்த மின்னேற்பிகளையும் பயன்படுத்தி மின்னேற்பியின் சுழல் தண்டைச் சுழற்றுவதால் இரு சுற்றுகளையும் ஒரே நேரத்தில் இசைவிக்க முடியும்.

ஏற்கும் வான்கம்பிக்கு ஒப்பீட்டில் உயர்ந்த மின்தடையுள்ளதால் இசைவிக்கப்பட்ட வான்கம்பிச் சுற்றின் தேய்வுறுதல் எப்போதும் உயர்ந்திருக்கும். அதன் பொறுக்குந்திறன் வழக்கமாகத் தாழ்ந்திருக்கும். இசைவிக்கப்பட்ட வான்கம்பிச் சுற்றுடன் இரண்டாவது இசைவுச் சுற்று ஒன்றினைப் பயன்படுத்துவதால் பொறுக்குந்திறன் அதிகரிக்கப்படுகிறது. இந்த இரண்டாவது சுற்றுக்கு வான்கம்பி தேவையில்லை, தரையிடவும் வேண்டாம். மின்பொருண்மைகள் மின்மாற்றிகளாகச் செயல்படுகின்றன; ஆனால், பிணைப்பு முடிந்த அளவு தளர்ச்சியாக இருக்கவேண்டும். இசைவிக்கப்பட்ட இந்தத் துணைச் சுற்று 'இசைவிப்பான்' (tuner) எனப்படும். வான்கம்பிச் சுற்றினை ஓர் மின் ஏற்பியினைக் கொண்டு இசைவிப்பானுடன் மேலும் பிணைத்தால் இரண்டும் ஓர் 'அலைவரிசை கடத்தும் இசைப்பானாக' அமையும். இது ஒரு வரையறைக்குட்பட்ட அலைவெண் வரிசையினை மட்டும் ஏற்கும் திறமுடையது. இதனால் பொறுக்கி இசைவித்தலைப் பெற முடிகிறது. இரு சுற்றுகளும் தொகுக்கப்பட்ட மின்னேற்பியுடன் (ganged condensor) இசைவிக்கப்படுகின்றன. இதனால் ஒரே ஒரு செயல் மட்டும் தேவைப்படுகிறது. பிணைக்கும் மின்னேற்பிக்குக் குறுக்கே உருவாகும் மின்னழுத்தம் ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி மின் குழாயின் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. அலைவரிசை கடத்தும் இசைவிப்பானின் இந்த வகையானது ஏறத்தாழ 10 -லிருந்து 12 கிலோ சுழற்சிகள் வரையுள்ள அலைவெண் வரிசையினை ஏற்கும் வகையிலும் இசைவிக்கும் உச்சங்கள் ஒன்றுக்கொன்று 8 கிலோ சுழற்சிகள் பிரிந்து இருக்கும் வகையிலும் திட்டமிட்டு அமைக்கப்படுகிறது. இது, ஊர்திகளைமட்டிலுமல்லாமல் தேவையான பக்க அலைவரிசைகளையும் ஒப்பீட்டில் ஒரே சீரான பெருக்கத்தை அடையும்படி செய்கிறது. ஆனால், ஊர்தியிலிருந்து 5 அல்லது 6 கிலோ சுழற்சிகள் அப்பாலுள்ள அலைவெண்களை மிகக் கூர்மையாக வெட்டிவிடுகிறது. இதனால் பொறுக்கி இசைவித்தலைப் பெறமுடிகிறது.

ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கம் (R. F. amplification) : அருவி பெருக்கிகள் (cascade amplifiers) எனும் தலைப்பின்கீழ் (பக்கம் 209ஐப் பார்க்க) விவரிக்கப்பட்ட பொதுவான பெருக்கும் முறைகள் வெற்றிகரமாக அமைவது, பெருக்கும் மின்குழாயின் உட்தடையோடு ஒப்பிடத்தக்க அளவு, முடிந்தால் அதைக் காட்டிலும் பெரிதாக இருக்கும்படி புறவாய் மின் தடுப்பை எந்த அளவிற்குச் செய்யமுடியும் என்பதனைப் பொறுத்திருக்கிறது. இது தாழ் அலைவெண்களுக்கும் இடைநிலை அலைவெண்களுக்கும் ஒப்பீட்டில் எளியது. ஆனால், உயர் அலைவெண்களில், புறவாய் மின் தடுப்பாகப் பயன்படுத்தப்படும் மின் பொருண்மை அல்லது மின்தடை ஆகியவற்றின் தன்-மின்னேற்புத் திறன், மின் குழாயின் நேர்மின்வாய்-இழை மின்னேற்புத்திறன், அடுத்த மின் குழாயின் இடைவாய்-இழை மின்னேற்புத்திறன் போன்ற எல்லாமே இணைநிலையில் இருக்கின்ற தவிர்க்கமுடியாத மின்னேற்பிகள் இருப்பதனுல் இந்த மின்னேற்பிகள் உயர் அலைவெண் மின்னோட்டங்களைக் கிளைவழிச் செலுத்தி தன்-அலைவுகளை உண்டாக்கும். எனவே, ஒரு வரையறைக்குட்பட்ட குறைந்த பெருக்கம்தான் உயர்ந்த ரேடியோ அலைவெண்களில் கிடைக்கும்.

இசைவித்த நேர்மின்வாய், மின்மாற்றி முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம். இசைவித்த நேர்மின்வாய் முறையில் அலைவரிசை கடத்தும் இசைவித்தலைப் பயன்படுத்தி ஒரு குறுகிய அலைவெண் வரிசையில் ஒப்பீட்டில் ஒரே சீரான பெருக்கமும் உயர்ந்த பொறுக்கும் திறனும் பெறப்படுகின்றன. இதனுல் இரைச்சல் வெளிப்பாடு குறைக்கப்பெற்று உணர்திறன் அதிகரிக்கிறது. குறுகிய அலை வரிசைப் பெருக்கியானது ஒரு குறுகிய நிறமாலையில் மட்டிலும் இரைச்சல் அலைவெண்களைக் கடத்துவதால் இரைச்சல் குறைவாக கட்டுக்குள் உள்ளது. மின்மாற்றி முறையில், அதிலும் குறிப்பாகத் தூளாக்கப்பட்ட இரும்பு உள்ளகத்தைப் பயன்படுத்தி காந்த ஊடுருவு திறன் இசைவித்தல் மேற்கொள்ளப்படும் மின்மாற்றி வகையில் பொதுவாக பொறுக்குந்திறன் அதிகரித்தலோடல்லாமல் அலைவெண்ணும் அதிகரிக்கிறது. எதிர்வினை பெருக்கிகளில், குறிப்பாக மின்னேற்பி கட்டுப்படுத்தும் காந்த எதிர்வினைப் பெருக்கிகளெனப்படும் நவீன வகையில் தன்-அலைவு ஏற்படும் நிலைக்கு மிகவும் நெருக்கமான எதிர்வினையைச் சரிசெய்யும்போது உயர்ந்த பொறுக்குந்திறனும் உணர்திறனும் கிடைக்கின்றன. ஆனுல், இழை எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுதல் இழை அதிர்வு, மின்கல அடுக்கு இரைச்சல் போன்ற தல அமைதிக் குலைவுகளும் பெருக்கப்பட்டு ஒரு பின்னணி இரைச்சல் ஏற்படும். இது ஒரு குறைபாடாகும்.

கண்டுபகுத்தல் அல்லது நிவர்த்தித்தல்: இதற்கு இரண்டு முறைகள் உள்ளன: நேர்மின்வாய்-வலைகோடு கண்டுபகுத்தல், இடைவாய் கசிவு கண்டுபகுத்தல். இவை திறன்-நேர்மின்வாய், திறன்–இ டை வா ய் கண்டுபகுத்தலாக வளர்க்கப்பட்டன. முன்னமே கூறியதுபோல் திறன்-இடைவாய் கண்டுபகுத்தலில் திறன் நேர்வாய் கண்டுபகுத்தலைவிடக் குறைந்த திரிபு உண்டாகிறது; எனவே, உயர்ந்த திறம்பாமை கிடைக்கிறது. ஆனால், முதன்முறையின் பெரிய குறைபாடு என்னவெனில், அதில் அகவாய்ச் சுற்றில் உண்டாகும் தேய்வுறுதல் பிந்தியதைவிட மிக அதிகம். இதனால் திறன்-இடைவாய் கண்டுபிடிப்பானது ஏற்பியை உணர்திறம் குறைந்ததாக்குகிறது (பக்கம் 201 பார்க்க).

செவியுறு அலைவெண் பெருக்கம்: இந்தக் காரியத்திற்குச் செவியுறு அலைவெண் உயர்த்தும் மின்மாற்றி (step-up transformer) ஒன்றின் வழியாகக் கண்டுபகுத்தலாகிய முன்னிலையுடன் மின் பொருண்மை பிணைப்பு ஏற்படுத்தப்பெற்ற ஒரு செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியைப் பயன்படுத்தலாம். ஒரு செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியானது 10^5 மடங்கு பெருக்கத்தை உண்டாக்கக்கூடுமானாலும் ஓர் ஏற்பியினது கண்டுபகுப்பானில் திரிபு மிகுதியாக இல்லாதிருக்கவேண்டின் செவியுறு அலைவெண் பெருக்கம் 10^4 மடங்கினைத் தாண்டுவது அருமை. இந்த நிலையில் தலைகீழ்ப் பின்னூட்டத்தைப் பயன்படுத்திச் செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியில் உண்டாகும் திரிபினைக் குறைக்கலாம். ஒலியை மீட்டுருவாக்கும் சாதனம் அதாவது, ஒலிப்பான் செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியின் இறுதித் தகட்டுச் சுற்றுடன் இணைக்கப்படும் வெளிப்பாட்டு நிலையில் கவனமாக சரியான பொருத்தம் பார்க்கவேண்டும். ஏனெனில், இந்த நிலையில் ஒருவர் தூய, எளிய மின்னழுத்தப் பெருக்கத்தில் நாட்டம் செலுத்துவதில்லை; ஆனால், ஒலிப்பானை இயக்குவதற்குத் திறன் தேவையானதால் திறன் பெருக்கத்திலேயே நாட்டம் செல்கிறது. முன்னமே கூறியதுபோல் (பக்கங்கள் 204 & 205 பார்க்க) மின்னழுத்தப்பெருக்கத்திற்குப் புற மின்தடுப்பானது உள்தடையைக் காட்டிலும் பன்மடங்கு பெரிதாக இருக்கவேண்டிய நேரத்தில் பெரும திறன்பெருக்கத்திற்குப் புற மின்தடுப்பு உட்தடைக்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும்; திரிபில்லாத திறன் பெருக்கத்திற்குப் புற மின்தடுப்பு உட்தடையைப்போல் இருமடங்கிருக்க வேண்டும். இது ஓரளவு வெளிப்பாட்டு மின்குழாயின் தனித்தன்மையைப் பொறுத்திருக்கும். ஒலிப்பான் மின்குழாயுடன் சரியாகப் பொருத்தமாயிருப்பது மிக அரிது. இதனை வெற்றிகொள்வதற்காக ஒரு வெளிப்பாட்டு மின்மாற்றியினைப் பயன்படுத்துவது வழக்கம். இம் மின்மாற்றியின் மாற்றும் விகிதமானது

(transformer radio) பயன்விளை முதன்மை மின்தடுப்பு சரியான வரிசையில் இருக்குமாறு இருக்கும். இறுதியாக, பேச்சு அல்லது இசையின் உரப்பினைக் காதுக்கு இதமான மட்டத்தில் வைப்பதற்காக ஒரு முழக்க ஆட்சியானது (volume control) வெளிப்பாட்டு மின்குழாயின் திறனைச் சரிசெய்வதற்காகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.

தற்காலத்திய ஏற்பிகளில் உள்ளிட்டுள்ள மிகவும் முக்கியமான நுணுக்கங்களில் சில கீழ்க்கண்டவையாகும் :

(*i*) **மின் விளக்கு ஊற்று வாய்களிலிருந்து திறன் எடுத்துக் கொள்ளுதல்:** தற்காலத்திய ஏற்பிகளில் பெரும்பான்மையானவை அவற்றிற்குத் தேவையான முழுத் திறனையும் மின்விளக்கு ஊற்று வாய்களிலிருந்தே பெறுகின்றன; கையடக்கமான ரேடியோக்களுக்கும் அல்லது ஊற்றுவாய்கள் கிடைக்காதவிடத்தும் அல்லது சில தனிக் காரணங்களால் இந்த ஊற்றுவாய்கள் விரும்பப்படாத நிலையிலும் மின்கல அடுக்கு பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின் விளக்கு ஊற்றுவாய்கள் இரு வகையாக இருக்கலாம்; ஒரு திசை மின்னோட்டம் அல்லது இரு திசை மின்னோட்டம். இவற்றுள் முந்தியது அருகிக்கொண்டே வருகிறது. முதல் பார்வையில் ஒரு திசை மின்னோட்டமே ரேடியோப் பெட்டியை இயக்குவதற்கு இலட்சியமானதாகத் தோன்றலாம்; ஆனால், அதனை அப்படியே பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில், மின்னாக்கிகளில் ஏற்படும் இலேசான ஒழுங்கீனங்களால் ஊற்றுவாயில் ஏற்ற இறக்கங்கள் இருக்கும். எனவே, மின்பொருண்மைகளையும், மின்னேற்பிகளையும் உடைய வடிகட்டிகளைப் பயன்படுத்தி மின்சாரத்தை இழைக்க வேண்டியுள்ளது. உயர்ந்த முழு மின்னழுத்தத்தையும் நாம் விரும்பும் மதிப்பிற்குக் குறைப்பதற்காக வடிகட்டும் சுற்றில் மின் தடைகளைச் சேர்த்துக் கொள்ளலாம்; இதனால் வடித்தெடுத்தலால் கிடைக்கும் மின்னோட்டம் தேவையான மின்னழுத்த இறக்கத்தை உண்டுபண்ணுகிறது. உண்மையில் வடித்தெடுக்கப்படும் நிலையானது, ஒரு பெரிய மின்னேற்பி வழியாகத் தரைக்குக் கீழ் வழி செலுத்தப்படுகிறது. இதனால் இந்த அமைப்பு ஏற்பியிலிருந்து தனித்துவிடப்பட்ட ஒரு பிணைப்பு நீக்கிய (decoupled) அமைப்பாகச் செயல்படுகிறது. இருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாய்களைப் பயன்படுத்தினால், மின்னோட்டத்தை முதலில் நிவர்த்திக்க வேண்டும். இதற்குப் பயன்படும் நிவர்த்திப்பான்கள் வெற்றிட இருமுனைக் குழாய்களாகவோ அல்லது வாயு நிரப்பிய பாதரச ஆவி இருமுனைக் குழாய்களாகவோ இருக்கலாம். நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு அணி வழக்கமாகத் தகுந்த ஒரு மின்மாற்றி, முழு அலை நிவர்த்திப்பான், இழைக்கும் சுற்று ஆகியவற்றாலாகியிருக்கும் (பக்கங்கள் 174–175 பார்க்க). ஏற்பியின் மின் குழாய்களின்

தகடு, இடைவாய் ஆகியவற்றிற்குத் தேவையான மின்னழுத்தங்கள் நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு அணியின் உயர் அழுத்த வெளிப்பாட்டில் ஒரு மின்னழுத்த அளவி அமைப்பைச் சேர்த்து அதிலிருந்து வடித்தெடுக்கப்படுகிறது; மின்குழாய்களின் மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும் எதிர்மின் வாய்களின் சூடாக்கும் மின்னோட்டம் நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு அணியின் மின்மாற்றியிலுள்ள ஒரு துணைச் சுருளிலிருந்து பெறப்படுகிறது.

பயன்படுத்தப்படும் மின் ஊற்றுவாய்களின் தன்மைக்கேற்ப ஏற்பிகள் இருதிசை மின்னோட்ட ஏற்பி, ஒரு திசை மின்னோட்ட ஏற்பி, இருதிசை-ஒருதிசை மின்னோட்ட ஏற்பி அல்லது பொது ஏற்பி எனவும் வகைப்படுத்தப்பெறும்.

இருதிசை மின்னோட்ட ஏற்பி (A.C. receiver) : இந்த வகையில் ஏற்பி முழுவதையும் மின்விளக்கு ஊற்றுவாய்களிலிருந்தே இயக்குவதாகிய பெரு நன்மையோடுகூட தன்-சார்பேற்றமும் (self-biasing) கிடைக்கிறது. ஒரு ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கும் குழாய், ஒரு கண்டுபகுப்பான், ஒரு செவியுறு அலைவெண் பெருக்கி, மின்குழாய் ஆகியவற்றையுடைய ஓர் எளிய ஏற்பியை எடுத்துக்கொள்ள, ரேடியோ அலைவெண், செவியுறு அலைவெண் மின்குழாய்களின் எதிர்மின் வாய்கள் உயர் அழுத்த எதிர்முனைக்கு நேராக இணைக்கப்படுவதில்லை; ஆனால், இணை நிலையில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மின்னேற்பியோடுகூடிய ஒரு மின்தடையின் வழியாக இணைக்கப்படுகின்றன. இது தனித்தனி மின்குழாயின் இடைவாய்கட்கு மின்னழுத்தம் கொடுப்பதற்கான புனைதிறம் மிக்க மிகவும் வசதியான ஒரு வழியாகும். ஏனெனில், ஒவ்வொரு மின் குழாயையும் பொறுத்த அளவில் நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு அணியிலிருந்து வரும் மின்னோட்டம் தகட்டுச் சுற்றின் வழியாகப் பாய்ந்து மின்குழாய் ஊடு சென்று எதிர்மின்வாய் சுற்றிலுள்ள மின்தடை வழியாக உயர் அழுத்த எதிர்முனைக்குச் செல்கிறது. உயர் அழுத்த எதிர்முனைதான் சுற்றிலேயே மிகவும் எதிர்மின்னுடையது. எனவே, எதிர்மின்வாயானது உயர் அழுத்த எதிர்முனையோடு ஒப்புநோக்க நேர்மின்னுடையது. இந்த நேர்மின்னழுத்தம் மின்தடையின் மதிப்பைப் பொறுத்து சிறிதளவு இருக்கும். வழக்கம்போல இடைவாய்ச் சுற்று உயர் அழுத்த எதிர்முனையுடன் இணைக்கப்பட்டால் இடைவாயானது எதிர்மின்வாயோடு ஒப்புநோக்க எதிர்மின்னுடையதாக இருக்கும். நாம் வேண்டுவதும் இதுதான். எனினும், சுற்றில் பாயும் ஏற்ற இறக்கங்களையுடைய மின்னோட்டம் இம் முறையில் மின்னழுத்தங்களை உண்டாக்குவதை யாரும் விரும்புவதில்லை. எனவே, மின்தடை

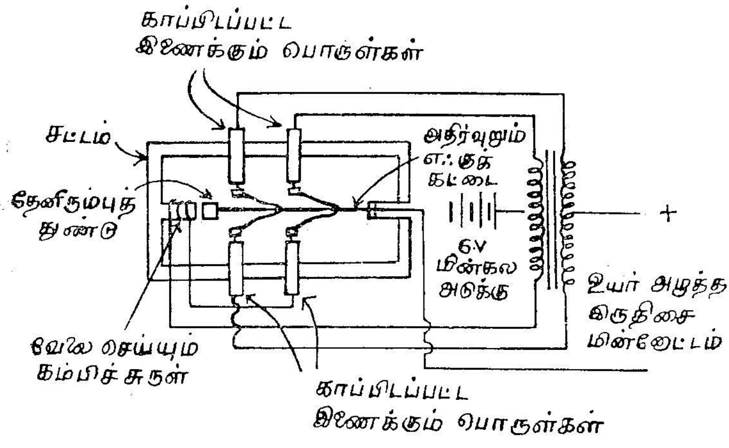
யுடன் கிளைத்தடமாக ஒரு பெரிய மின்னேற்பி இணைக்கப்படுகிறது. இந்த மின்னேற்பி ஏற்ற இறக்கமுடைய மின்னோட்டம் முழுவதையும் கிளைவழி செலுத்துகிறது. ரேடியோ அலைவெண் மின்குழாய் 300-லிருந்து 600 ஓம்கள் வரை எனும் வரிசையில் மின்தடையைப் பெற்றிருந்தால் அது பாய்ந்துகொண்டிருக்கும் சிறிய தகட்டு மின்னோட்டத்தோடு சேர்ந்து 1-லிருந்து $1\frac{1}{2}$ வோல்ட்டுகள் வரை இடைவாய் மின்னழுத்தத்தைக் கொடுக்கும். வெளிப்பாட்டு நிலையில் செவியுறு அலைவெண் மின்குழாய் ஏறத்தாழ 1000 ஓம் மின்தடையைப் பெற்றிருந்தால் தகட்டு மின்னோட்டம் 10 மில்லி ஆம்பியர்களாக இருக்கும்போது இடைவாய் மின்னழுத்தம் ஏறத்தாழ 10 வோல்ட்டுகள் இருக்கும். தொடர்பு கொண்ட அலைவெண்ணிற்குத் தாழ்ந்த மின்தடுப்பைக் கொடுக்கும் வகையில் கிளைவழி மின்னேற்பிகளின் மதிப்பு தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. இவ்வாறாக, ரேடியோ அலைவெண் நிலையில் 0·1 மைக்ரோஃபாரட் மதிப்பு போதுமானது; செவியுறு அலைவெண் நிலையில் 25 அல்லது 50μF உடைய மின்னேற்பி தேவைப்படுகிறது. இத்தகைய மின்னேற்புத்திறன்களை மின்னாற்பகுப்பு மின்னேற்பிகளைக் (electrolytic condenser) கொண்டு கச்சிதமான உருவில் பெறலாம். தற்காலத்திய இருதிசை மின்னோட்ட ஏற்பிகளில் தற்சாற்பேற்றும் இந்த முறை பெருமளவில் கையாளப்படுகிறது. மின்குழாய்ப் பெருக்கிக்கு வழங்கப்படும் உயர்மின்னழுத்தம் ஏதோ சில காரணங்களால் வீழ்ந்தால் இடைவாயின் நிலைத்த மின்னழுத்தமும் அதே வீதத்தில் குறைகிறது; இவ்வாறாக, திரிபு தவிர்க்கப்படுகிறது. தற்சார்பேற்றத்திற்கு நன்றி. கண்டு பகுப்பான் மின்குழாயின் எதிர்மின்வாய் நேராக உயர் அழுத்த எதிர்முனைக்கு இணைக்கப்படுகிறது; இடைவாய் கசிவும் அதே இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. இது ஒழுங்காகவே யுள்ளது. ஏனெனில், மறைமுகமாக சூடாக்கப்படும் மின்குழாயில் இடைவாயின் சிறிய எதிர் மின்னழுத்தத்திலேயே இடைவாய் மின்னோட்டம் துவங்குவதால் மின்கல அடுக்கினால் இயங்கும் மின்குழாய்களில் வழக்கமாக உள்ளதுபோல் இடைவாய் கசிவை ஒரு நேர் மின்னழுத்தத்தோடு இணைக்கவேண்டுவதில்லை. மூன்று மின்குழாய்களின் சூடாக்கிகளும் இணைநிலையில் சேர்க்கப்பட்டு நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு அணியின் மின்மாற்றியின் ஒரு துணைச் சுருளிலிருந்து மின்னோட்டம் வழங்கப் பெறுகின்றது. இந்தச் சூடாக்கிச் சுருளின் மையம் உயர் அழுத்த எதிர்முனையுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இதனால் சூடாக்கிக்கும் எதிர்மின் வாய்க்குமிடையே ஏற்படும் மின்னேற்பி விளைவுகளால் உண்டாகும் முரல் ஒலி தவிர்க்கப்படுகிறது.

ஒருதிசை மின்னேட்ட ஏற்பி : சுற்றுனது கீழ்க்கண்ட மாற்றங் களைத் தவிர்த்து மற்றபடி இருதிசை மின்னேட்ட ஏற்பியினுடை யதைப் போன்றே அமைக்கப்படுகிறது. நிவர்த்திக்கும் அமைப்பு அணி ஏதும் தேவையில்லை; உயர் மின்னழுத்தம் நேரடியாக ஊற்றுவாய்களிலிருந்து இழைக்கும் சுற்று ஒன்றின் வழியாகப் பெறப்படுகிறது. மறைமுகமாகச் சூடாக்கப்படும் மின்குழாய்கள் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன ; ஆனுல், அவை தொடர் நிலையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கண்டுபகுப்பான் மின்குழாயின் சூடாக்கி தான் சுற்றின் மிக அதிகமான எதிர் மின்னழுத்தமுடையதாக்கப் பட்டிருக்கிறது. எனவே, அது எதிர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தி லேயே உள்ளது. முரல் ஒலியை உண்டாக்கக்கூடிய சூடாக்கிக்கும் எதிர்மின் வாய்க்குமிடையேயுள்ள மின்னேற்பி விளைவுகளைத் தவிர்ப்பதற்காக இது செய்யப்படுகிறது. மற்ற மின்குழாய்களில் இந்த விளைவு அவ்வளவு கடுமையானதன்று ; கண்டுபகுப்பான் மின் குழாயைத்தான் கவனமாகப் பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். ஒரு பெரிய மின்னேற்பியின் வழியாக பூமி இணைப்பு எடுக்கப் படுகிறது. மின்சாரம் வழங்கும் ஊற்றுவாய்களின் ஒரு முனை (இது நேர்முனையாகவோ அல்லது எதிர்முனையாகவோ இருக்க லாம்) தரையிடப்பட்டுள்ளதால் இது தேவைப்படுகிறது. ஊற்று வாயின் நேர்முனை தரையிடப்பட்டு ஏற்பியின் ஊற்றுவாய் எதிர் முனைக்கு நேரடியாகப் பூமியிலிருந்து இணைப்பு எடுக்கப்பட்டால் குறுக்குச் சுற்று உண்டாகும். இத்தன்மைத்தாய எந்தத் தொல்லை யும் ஏற்படாமல் தவிர்ப்பதற்காகப் பூமி இணைப்பு ஏற்பியிலிருந்து தகுந்த முறையில் தனித்திருக்குமாறு செய்யவேண்டும்.

இருதிசை மின்னேட்ட-ஒருதிசை மின்னேட்டப் பொது ஏற்பி : சுற்று அமைப்புகள் ஒரு திசை மின்னேட்ட ஏற்பியினுடையதற்கு ஒத்தவையே ; ஆனுல், உயர் மின்னழுத்த இணைப்புக்காலில் ஒரு முழு அலை நிவர்த்திப்பான் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இவ்வாறுக, ஊற்றுவாய்கள் இருதிசை மின்னேட்டமானுல் உயர் அழுத்தம் வழக்கம்போல் நிவர்த்திக்கப்படுகிறது. ஒரு திசை மின்னேட்ட ஊற்றுவாயில் உயர் அழுத்த இணைப்புக்கால் நேர்மின்னுடைய தாகும்படி ஊற்றுவாய் ஆப்பு (plug) சரியாகச் செருகப்பட் டிருந்தால் நிவர்த்திப்பான் ஒரு சாதாரண கடத்தியாகச் செயல்படுகிறது. ஆப்பு, திருப்பிச் செருகப்பட்டிருந்தால் ஏற்பி வேலை செய்யாது. இந்தப் பொது ஏற்பிகள் உருவானதாலும், ஓரளவு 6 அல்லது 12 வோல்ட்டுகள் கொடுக்கும் கார் மின்கல அடுக்குகளால் வேலை செய்யும் ஏற்பிகளாலும் பொது மின்குழாய்களின் ஒரு புதிய வரிசையே புழக்கத்திற்கு வந்தது. இந்த மின்குழாய்களின் சூடாக்கிகள் 0·3 ஆம்பியர் மின்னேட்

டத்தில் 6·3 வோல்ட்டுகளின் பெருக்கங்களில் வேலை செய்யும்படி திட்டமிட்டமைக்கப்படுகின்றன. பொதுவாக, இந்த மின்குழாய்கள் தாழ்ந்த தகட்டு மின்னழுத்தத்திலேயே வேலை செய்கின்றன. ஏனெனில், நிவர்த்தித்தல், இழைத்தல் ஆகிய காரியங்கள் முடியும் தருவாயில் 180 வோல்ட்டுகள்தான் கிடைக்கும். இந்த வளர்ச்சியையொட்டி இருதிசை மின்னோட்டத்தில் மட்டும் இயங்கும் மின்குழாய்கள் இப்போது 6·3 வோல்ட்டுகள் சூடாக்கும் மின்னழுத்தத்திற்கே திட்டமிட்டமைக்கப்படுகின்றன.

அதிர்வுறு மாற்றிகள் (Vibratory converters) : மின்சாரம் வழங்கும் ஊற்றுவாய்கள் இல்லாதபோது உலர் மின்கல அடுக்கு வழங்கும் உயர் அழுத்தத்தையே நாட வேண்டியுள்ளது; ஆனால், இது விலையுயர்ந்தது, எளிதில் கையாள முடியாது. எனவே, இப்பொழுதெல்லாம் அதிர்வுறு மாற்றிகளைக் கையாண்டு இரண்டாம்நிலை மின்கலங்களின் அடுக்கிலிருந்து கிடைக்கும் தாழ் அழுத்த ஒரு திசை மின்னோட்டத்தை உயர் அழுத்த இருதிசை மின்னோட்டமாகவோ அல்லது ஒரு திசை மின்னோட்டமாகவோ மாற்றுவது வழக்கமாக உள்ளது. இந்தச் சாதனம் ஓர் எஃகு கட்டையாலானது. இதன் ஒரு முனை ஒரு சட்டத்தில் பொருத்



படம் 76. அதிர்வுறு மாற்றி

தப்பட்டிருக்கும்; மறுமுனையில் ஒரு சிறிய தேனிரும்புத் துண்டு உள்ளது. எஃகு கட்டையில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் இணைக்கும் பொருள்களில் (contacts) ஒன்று சாதாரணமாக சட்டத்தின் மீதுள்ள காப்பிடப்பட்ட ஓர் இணைக்கும் பொருளைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் (படம் 76). ஒரு தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்கி

லிருந்து வரும் ஒரு மின்னோட்டமானது இணைக்கும் பொருள் களுடன் தொடர்நிலையில் இணைக்கப்பட்டு தேனிரும்புத் துண்டின் அருகில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒரு கம்பிச் சுருளின் வழியாகப் பாய்ச்சப்படும்போது தேனிரும்புத் துண்டு ஈர்க்கப்படுகிறது; வில் வளைக்கப்படுகிறது. இதனால் உண்மையில் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் ஒரு சோடி இணைக்கும் பொருள்களின் இடை இணைப்பு அறுகிறது. அதே நேரத்தில் மறு சோடி இணைக்கும் பொருள்களிடையே இணைப்பு ஏற்படுகிறது. இது சற்றேறக் குறைய ஓர் ஒருதிசை மின்னோட்ட மின்சார மணியில் நிகழ்வது போன்றது. இவ்வாறாக, எஃகு கட்டை அதிர்வுறுகிறது. கட்டையானது மிகக் குறைந்த தடையுடன் அதிர்வுறுவதற்கேற்ப அதாவது அதன் இயற்கையான அலைவெண்ணில் (இது வழக்க மாக, கிட்டத்தட்ட விநாடிக்கு 100 அதிர்வுகள் இருக்கும்) அதிர் வுறுவதற்கேற்ப தொடுநிலை அழுத்தம் சரிசெய்யப்பட்டிருக்கும்.

உயர்ந்த இருதிசை மின்னழுத்தத்தைப் பெறுவதற்காக, அதிர்வுறும் கட்டையானது முதலில் ஓர் உயர்த்தும் மின்மாற்றி யின் மைய இணைப்பு கொண்ட முதன்மைச் சுருளின் ஒரு பாதி வழியாகவும், பின்னர் மறுபாதி வழியாகவும் தாழ் அழுத்த மின் கல அடுக்கினை இணைக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் ஏற்படும் விளைவு செவ்வக அலை உருவத்தையுடைய ஓர் இரு திசை மின்னழுத்தத்தை முதன்மைச் சுருளின் ஒரு பாதிக்குக் கொடுப்பதற்கு ஏறத்தாழ சமமானதாகும். இந்த மின்னழுத்தம் மின்மாற்றியினால் உயர்த்தப்பட்டு அதன் துணைச் சுருளில் ஓர் உயர் மின்னழுத்தம் உருவாகிறது.

மின்மாற்றியின் துணைச்சுருளில் உருவாகும் இருதிசை உயர் மின்னழுத்தத்தை நிவர்த்திப்பதற்காகப் பயன்படும் வேறொரு சோடி இணைக்கும் பொருள்களை அதிர்வுறும் கட்டை இயக்கு மானால் இதே அமைப்பைக் கொண்டு ஓர் உயர் அழுத்த ஒரு திசை மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். முதன்மைச் சுருளின் இணைப்புகள் மாற்றப்படும்போது துணைச் சுருளின் இணைப்பு களும் மாற்றப்படுகின்றன. எனவே, அதிர்வுறும் கட்டையானது எப்பொழுதும் துணைச்சுருளின் நேர் அல்லது எதிர் முனையுடன் தான் இணைக்கப்படுகிறது. வழக்கமாகப் பிந்திய அமைப்புத்தான் விரும்பப்படுகின்றது. ஏனெனில், அப்போது உயர் மின்னழுத் தத்தின் எதிர்முனையானது தாழ் அழுத்த மின்கல அடுக்குடன் இணைக்கப்படுகிறது.

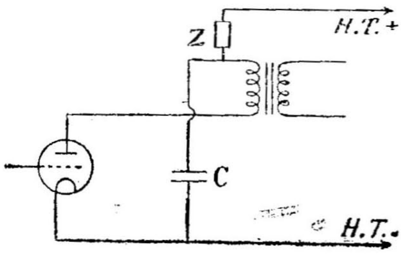
அதிர்வுறு மாற்றிகள் யாவற்றிலுமே விரைந்து மாறுகிற மின்னோட்ட மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. இம் மாறுதல்கள் இந்த மின்னோட்டங்கள் பாய்கிற கம்பிகளிலிருந்து கதிர்வீசப்படும்

அல்லது அக் கம்பிகளின் ஊடே செலுத்தப்படும் ரேடியோ அலை வெண்களில் குறுக்கீட்டை உண்டாக்குகின்றன. நடைமுறையில் பயன்படும் அதிர்வுறு மாற்றியில் தேவையான தாழ் அலைவெண் வடிகட்டிகளோடுகூட மேற்கண்ட ரேடியோ அலைவெண் குறுக்கீட்டின் காரணமாக ரேடியோ அலைவெண் வடிகட்டிகளும் தடுப்புகளும் கொண்ட விரிவான அமைப்புகளைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது. இவ்வமைப்புகள் அதிர்வுறு மாற்றியினது சுற்றின் பெரும் பகுதியாக அமைகின்றன. கவனமாகத் திட்டமிட்டு அமைத்தால் 85% பயனுறு திறனும், 4,000 மணிகள் வேலை செய்யும் வாழ்நாளும் பெறலாம்; மேலும் இதனுல் ஒரு 24 வோல்ட்டு மின்கல அடுக்கைக் கொண்டு 200 வாட் எனுமளவு வரை உயர்ந்த திறனைக் கையாள முடியும்.

(ii) பிணைப்பறுத்தல் (Decoupling): வழக்கமாக உள்ளது போலப் பல மின் குழாய்கள் பொதுவாக ஓர் உயர் அழுத்த மின் ஊற்றுவாயைப் பகிர்ந்து கொண்டால் ஒவ்வொரு தகட்டு மின்னோட்டத்தின் இரு திசைக் கூறுகளும் உயர் அழுத்த மின் ஊற்றுவாயின் வழியாகப் பாய்கின்றது. அவ்வாறு பாய்ந்து அதன் குறுக்கே ஓர் இருதிசை மின்னழுத்த வேறுபாட்டினை உண்டாக்குகிறது. இந்த இருதிசை மின்னழுத்த வேறுபாடு முந்தைய நிலைகளிலுள்ள மின்குழாய்களின் தகட்டு மின்னழுத்தத்தை உயர்ந்து தாழச் செய்கிறது. இந்த மாறுதல் அதனை அடுத்த மின்குழாயின் இடைவாய்க்கு அனுப்பப்படுகிறது. இவ்வாருகப் பின்னூட்டுவிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் மூல சைகையினைக் கூட்டவோ அல்லது எதிர்த்துக் குறைக்கவோ செய்யலாம். அதனுல் பெருக்கம் பாதிக்கப்பட்டுத் திரிபு உண்டாகலாம்; ஏன், அலைவுகள்கூட உண்டாகலாம். இப் பின்னூட்டம் வழக்கமாக தொடர்ச்சியான அலைவுகளை உண்டாக்குவதற்குச் சரியான அதிர்வு நிலையில் இருக்கும். இத் தொடர்ச்சியான அலைவுகள் ஓர் உயர்ந்த சுருதியிலுள்ள ஊதல் ஒலியாகவோ அல்லது ஒரு மோட்டார் படகின் கழிவுப் புறம் போக்கியிலிருந்து (exhaust) எழுவது போன்ற தாழ் சுருதி உறுமல் ஒலியாகவோ இருக்கலாம். இதன் காரணமாக இது 'மோட்டார் படகுவிடுதல்' (motor-boating) எனப்படும். மின் ஊற்றுவாய்களிலிருந்து (mains) உயர் மின்னழுத்தம் பெறப்படும்போது வழக்கமாகப் பிந்திய நிகழ்ச்சி காணப்படும். உயர் மின்னழுத்தம் ஒரு மின்கல அடுக்கிலிருந்து பெறப்படுமானுல் மின்கல அடுக்கு புதிதாக இருக்கும்போது அதன் மின்தடை குறைவாக இருக்கிறது; மேற்கூறிய பின்னூட்டத்தினுல் பெரிதாக இடைஞ்சல் ஏதும் ஏற்படுவதில்லை. ஆனுல், நாள்பட்ட மின்கல அடுக்கின் மின்தடை அதிகரிக்கிறது; பிந்திய நிலைகள்

ஒன்றில் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும், பெருமளவில் ஏற்ற இறக்கங்களையுடைய மின்னேற்றம் மின்கல அடுக்கின் மின்தடையின் குறுக்கே கணிசமான அளவு ஓர் இருதிசை மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்குகிறது. மின்கல அடுக்கானது எல்லா நிலைகளுக்கும் பொதுவானதால் இந்த இருதிசை மின்னழுத்தம் உள்ளிடு நிலைக்குப் பின்னூட்டுவிக்கப்படுகிறது. பொதுவாக, கடைசி மின்குழாயினால் உண்டாகும் கூறுதான் முக்கியமானது. ஏனெனில், அதற்கு முந்திய நிலைகளைவிட இதற்குக் கொடுக்கப்படும் சைகை பெரியது; அதனால் இதில் பாயும் மின்னோட்டமும் பெரியது.

இந்தத் தொல்லையை வெற்றி காண்பதற்கான சிறந்த முறை, படம் 77-ல் காட்டியுள்ளது போன்ற தகுந்த பிணைப்பறுக்கும் சுற்றுகளைக் (decoupling circuit) கொண்டு பல நிலைகளையும் பிணைப்பறுத்தலே. மின்குழாய்க்குத் தேவையான உயர் மின்னழுத்தம் பிணைக்கும் சாதனத்திற்கு நேராக அல்லாமல் ஒரு மின்தடுப்பு Z வழியாக எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. மின்தடுப்பு Z-க்கும் பிணைக்கும் சாதனத்துக்கும் இடையுள்ள சந்திப்பு நிலை ஒரு பெரிய மின்னேற்பி C வழியாகத் தரைக்குக் கிளை

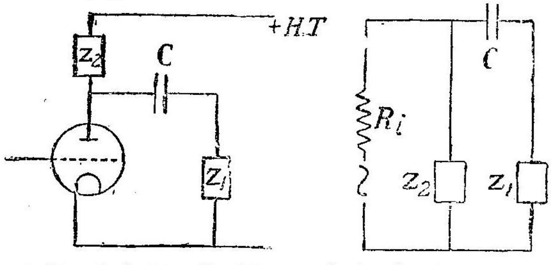


படம் 77. பிணைப்பறுக்கும் சுற்று

வழி செலுத்தப்படுகிறது. பெருக்கி கையாளுகின்ற எல்லா அலைவெண்களிலும் மின்தடுப்பு Z ஆனது கிளைவழி மின்னேற்பி C-யின் மின்னெதிர்ப்போடு ஒப்புநோக்கப் பெரிதாக இருக்குமானால் செவியுறு அலைவெண் மின்னோட்டங்கள் யாவும் அவை மின்மாற்றி அல்லது வேறு பிணைக்கும் சாதனத்தைத் தாண்டிய உடனே உயர் அழுத்தத்தின் எதிர்முனைக்குக் கிளைவழி செலுத்தப்பட்டுவிடும்; அதனால் குறிப்பிடத்தக்க மின்னோட்டம் எதுவும் உயர் அழுத்த மின் ஊற்றுவாய் வழியாகப் பாய முடியாது. ஆகையால், பெருக்கி பெருக்குகின்ற மிகக் குறைந்த அலைவெண்ணை விடக் குறைந்த ஒரு மாறுதான அலைவெண்ணைப் பிணைப்பறுக்கும் சுற்றுப் பெற்றிருக்க வேண்டும். மின்தடுப்பு Z ஆனது ஒரு மின்பொருண்மைச் சுருளாக இருப்பது விரும்பத்தக்கது. ஏனெனில், இது குறிப்பிடத்தக்க அளவு மின்னழுத்த வீழ்ச்சியினை உண்டாக்குவதில்லை; மேலும் உயர் மின்னழுத்தம் முழுவதையும் தகட்டுக்குக் கொடுக்கிறது. ஆனால், இது எப்பொழுதும் சிக்கனமானதன்று. எனவே, 500-லிருந்து 10,000 ஓம்கள் வரை எனும் வரிசையிலுள்ள ஓர் உயர் மின்தடை வழக்கமாகப் பலவிடங்

களில் கையாளப்படுகிறது. அப்போதெல்லாம், இதனைப் பயன் படுத்துவதால் மிதமிஞ்சிய மின்னழுத்த வீழ்ச்சி ஏற்படாமல் பார்த்துக்கொள்ளப்படுகிறது. பெருக்கியிலுள்ள முதல் மின் குழாயை அடுத்துப் பெருமப் பெருக்கம் ஏற்படுவதால் இம் மின் குழாய்க்குப் பின்னூட்டுவிக்கப்படுதல் மிகவும் முக்கியமானது; நற்பேறாக இந்நிலையில் பயன்படுத்தப்படும் மின் குழாய்கள் சாதாரணமாக உயர்ந்த μ மதிப்புகளையுடையவை; ஒரு சிறிய, நிலையான தகட்டு மின்னோட்டத்தில் வேலை செய்பவை. ஆகையால், உயர்ந்த மதிப்புடைய ஒரு மின்தடையைப் பயன்படுத்தலாம். கடைசி மின்குழாயில் பிணைப்பறுத்தல் தேவையில்லை. ஏனெனில், அதன் தகட்டுச் சுற்றில் பின்னூட்டம் ஏதும் ஏற்பட முடியாது; அதனோடு, கடைசி மின்குழாயானது கிடைக்கக் கூடிய பெரும உயர் மின்னழுத்தம் முழுவதையும் பயன்படுத்திக் கொள்ளும் ஒரு திறன் மின்குழாயாக இருக்கும். பின்னூட்ட மின்னழுத்தத்தை மெலிவுறச் செய்தலே பிணைப்பறுக்கும் சுற்றின் வேலையே தவிர இருதிசை மின்னோட்டத்தை உயர் மின் அழுத்தத் தோற்றுவாயிலிருந்து விலக்குதல் அன்று என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும்.

(iii) இணை நிலையில் ஊட்டுவித்தல் (Parallel feed): தகட்டு மின்னோட்டத்தின் நிலையான கூறு சுமை வழியாகச் செல்வதனைத் தவிர்ப்பதற்காக, இணைநிலையில் ஊட்டுவித்தல் எனப்படும் முறை சில நேரங்களில் கையாளப்படுகிறது. அத்தகைய ஒரு சாதனத்தின் அடிப்படைச் சுற்று படம் 78 (அ)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. Z_1



படம் 78. (அ) இணைநிலையில் ஊட்டுவிக்கும் சுற்று (ஆ) சரிமாற்று இருதிசை மின்னோட்டச் சுற்று

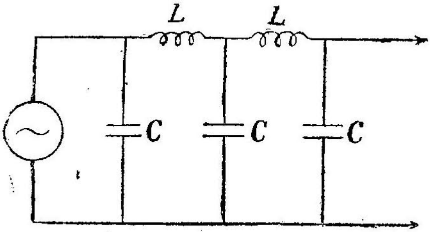
என்பது சுமை, C என்பது Z_1 உடன் ஒப்பிட புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு மின் எதிர்ப்புடைய ஒரு மின்னேற்பி; Z_2 ஆனது ஊட்டுவிக்கும் மின்தடுப்பு. சரிமாற்றுச் சுற்றிலிருந்து (equivalent circuit) [படம்78 (ஆ)] Z_2 ஆனது Z_1-க்கு இணைநிலையில் இருக்கிறது என்பதனையும் அதனால் இரண்டும் சேர்ந்த மொத்த மின்தடுப்பின்

மீது இதன் விளைவு சிறிதாக இருக்கக்கூடிய வகையில் இதன் மதிப்புப் பெரிதாக இருக்கவேண்டுமென்பதும் தெரிகிறது. வழக்க மாக இது ஓர் உயர் மின்பொருண்மையுடைய மின்பொருண்மைச் சுருளாக இருக்கும் (100 ஹென்ரியும் அதற்கு மேற்பட்டதும்). இத்தகைய ஓர் அமைப்பைப் பயன்படுத்தும்போது மின்குழாயின் நேர்மின்வாயிலிருந்து எதிர்மின்வாய்க்குள்ள சுற்று உயர் மின் னழுத்தத் தோற்றுவாயினுல் குறுக்குச் சுற்றுக்கப்படுவதனை Z_2 தடுக்கின்றது. காதுக் குழல்கள் பயன்படுத்தப்படும்போது இது விரும்பத்தக்கது. ஏனெனில், மின்வலித் தாக்குதலிலிருந்து (shocks) காத்துக்கொள்ளலாம். மேலும், மின்மாற்றிப் பிணைப் பினைக் கையாளும்போது Z_1 ஆனது மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருளாக இருக்கும்; அப்போது மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருள் வழியாக நிலைத்த மின்னோட்டம் ஏதுமிருக்காது. ஆனல், செவியுறு அலைவெண் மின்னோட்டம் முழுவதும் மின்னேற்பி C வழியாக அதற்குக் கிளைவழி செலுத்தப்படும். இதன் விளைவாக மின்மாற்றியில் ஓர் உயர்ந்த முதன்மை மின்தடுப்பினை எளிதில் பெறலாம். இந்த அமைப்பில் Z_2 ஆனது ஒரு நல்ல செவியுறு அலைவெண் மின்பொருண்மைச் சுருளாகவோ அல்லது ஏறத்தாழ 50,000 ஓம்கள் அளவு உயர்ந்த ஒரு மின்தடையாகவோ இருக் கலாம். மின்தடையைப் பயன்படுத்தும்போது ஒரு பாதிக்கும் தன்மையுள்ளது. அதாவது அதனுல் கணிசமான அளவு மின் னழுத்த வீழ்ச்சி ஏற்படும். எனவே, உண்மையில் தகட்டிற்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தம் உயர் மின்னழுத்தத் தோற்று வாயினுடையதைவிட மிகமிகக் குறைவு. இணைநிலையில் ஊட்டு விக்கும் சுற்று தாழ் அலைவெண் மின்னோட்டங்களின் பெரும் பகுதியினை மின்னேற்பி வழியாக மின் மாற்றிக்கும் அதிலிருந்து அடிச்சட்டத்திற்கும் (அல்லது தரைக்கும்) பாயச்செய்து அவ்வாறுக அவை உயர் மின்னழுத்தத் தோற்றுவாய்க்குச் செல்வதிலிருந்து தடுக்கின்றது. இதனைப் பொருத்தமட்டில் இது உயர் மின் னழுத்தத் தோற்றுவாயினைப் பிணைப்பறுக்க உதவுகின்றது என்ப தைக் கவனிக்கலாம்.

(iv) **வடிகட்டும் சுற்றுகள் (Filter circuits):** நாம் மேலேயும் அதற்கு முன்னர்ப் பலவிடங்களிலும் ஒருதிசை மின்னோட்டங்களை அனுமதித்து அதே நேரத்தில் இருதிசை மின்னோட்டங்களைத் தடுப் பதற்காக உயர் மின்பொருண்மையுடைய மின்பொருண்மைச் சுருள்களைப் பயன்படுத்துவது பற்றியும் ஒரு திசை மின் னேட்டத்தைத் தடுத்து அதே நேரத்தில் இரு திசை மின்னோட்டங் களைச் செல்ல அனுமதிப்பதற்கு மின்னேற்பியினைப் பயன்படுத்து வதுபற்றியும் கூறினேம். அதனை ஒத்த முறையில், அலைவுறு சுற்று

களில் ஒத்ததிர்வு விளைவினைச் சில குறிப்பிட்ட அலைவெண்களை வடிகட்டிவிடுவதற்கும் கையாளலாம். இந்தக் காரியத்திற்குப் பல அலைவுறும் சுற்றுகள் ஒரு சங்கிலித் தொடராக இணைக்கப்படுகின்றன. நாம் விரும்பும் வேறுபட்ட பல விளைவுகளுக்குமேற்பப் பலவேறு வடிகட்டும் சுற்றுகள் உள்ளன.

(அ) **தாழ்-அலைவெண் கடத்தும் வடிகட்டி** (Low-pass filter) : இது ஒரு குறிப்பிட்ட வரம்பிற்குட்பட்ட தாழ் அலைவெண்களை மட்டிலும் கடத்துகிறது ; உயர் அலைவெண்கள் யாவற்றையும் வடிகட்டி விடுகிறது. படம் 79-ல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பினைக் கொண்டு இந்த விளைவினைப் பெறலாம். மின்பொருண்மைகள் (L, L)யாவும் ஒரு வரிசையில் தொடர்நிலையாக இணைக்கப்படுகின்றன ; அதே நேரத்தில் மின்னேற்பிகள் (C, C) இரு வரிசைகட்குமிடையில் இணைநிலையில் இணைக்கப்படுகின்றன. இந்த அமைப்பின் வடிகட்டும் செயல் பற்றிய கடுமையான கணித ஆய்விற்குள் நுழையாமல் கீழ்க்கண்ட எளிய முறையில் அதன் செயலைப் புரிந்துகொள்ளலாம் :

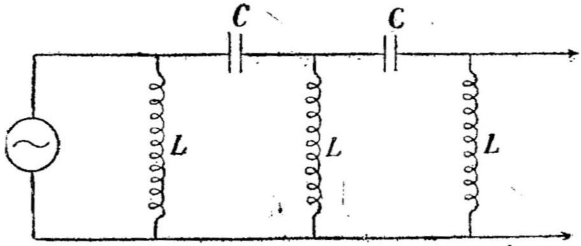


படம் 79. தாழ் அலைவெண் கடத்தும் வடிகட்டி

மின்தடுப்பினைக் கொடுக்கும் $\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)$ யினை எடுத்துக் கொள்ள, $n=\omega/2\pi$ ஆனது தாழ்வாக இருந்தால் மின்பொருண்மைகளின் மின்தடுப்புச் சிறியதாக இருக்கும். அதே நேரத்தில் மின்னேற்பிகளின் மின்தடுப்புப் பெரிதாக இருக்கும். எனவே, தாழ் அலைவெண்கள் மின்பொருண்மைகளின் வழியாக எளிதாகச் செல்ல அனுமதிக்கப்படும்; மின்னேற்பிகளின் வழியாகக் குறைந்த அளவில்தான் அனுமதிக்கப்படும். மாறாக, உயர் அலைவெண்களுக்கு L ஆனது உயர் மின்தடுப்பாகவும், C சிறியதாகவும் இருக்கும். அவற்றிற்கு மின்னேற்பிகள் குறுக்குப் பாய்ச்சல் சுற்றுகளாகச் செயல்படும். எனவே, அவை மேற்கொண்டு செல்ல அனுமதிக்கப்படா, அ-து., அவை வடிகட்டப்படுகின்றன.

(ஆ) உயர்-அலைவெண் கடத்தும் வடிகட்டி (High-pass filter): இது முந்தியதற்கு மாறான பண்புடையது. இது ஒரு குறிப்பிட்ட

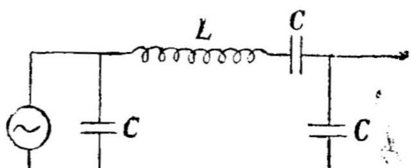
வரம்பிற்குட்பட்ட எல்லா தாழ் அலைவெண்களையும் வடிகட்டி விட்டு உயர் அலைவெண்கள் யாவற்றையும் அனுமதிக்கும். இது படம் 80-ல் விளக்கிக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கே மின்னேற்பி



படம் 80. உயர் அலைவெண் கடத்தும் வடிகட்டி.

களும் மின்பொருண்மைகளும் முந்தியதோடு ஒப்பிட இடம் மாற்றி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மேலே கூறிய அதே ஆராய்வுகள்படி தாழ் அலைவெண்களுக்கு மின்னேற்பிகள் உயர்ந்த மின்தடுப்புக் காட்ட மின்பொருண்மைகள் அவை எளிதில் பாய்வதற்கான குறுக்குப் பாய்ச்சல் சுற்றுகளாகின்றன; அதனால் தாழ் அலைவெண்கள் வடிகட்டப்படுகின்றன. உயர் அலைவெண்கள் மட்டிலும் செல்ல அனுமதிக்கப்படுகின்றன. உயர் அலைவெண்களுக்கு மின்னேற்பிகள் சிறிய மின்தடுப்பையே காட்டுகின்றன; ஆனால், மின்பொருண்மைகள் உயர்ந்த மின்தடுப்பைக் கொடுக்கின்றன.

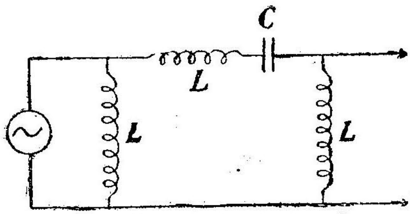
(இ) **அலைவரிசை-கடத்தும் வடிகட்டி** (Band-pass filter) : வடிகட்டும் சுற்றுகளைத் தகுந்த முறையில் சேர்த்துப் பயன்படுத்துவதன் வாயிலாகத் தேர்ந்தெடுத்த சில அலைவெண் வரிசைகளைத் தவிர்த்து மற்றவற்றையெல்லாம் வடிகட்டி விடும் அமைப்புகளைச் செய்ய முடியும். இந்தச் சாதனத்தையுடைய ஓர் அமைப்பு அலை வரிசை கடத்தும் வடிகட்டி எனப்படும். இது படம் 81-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 81. அலைவரிசை கடத்தும் வடிகட்டி

(ஈ) **அலைவெண் கண்ணி** (Frequency trap): இது மேற்கூறியதற்கு எதிரிடையான பண்புடையது. அ-து., தேர்ந்தெடுத்த சில அலைவெண்களைத் தவிர்த்த மற்றவற்றையெல்லாம் கடத்துவது. இது படம் 82-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

தலத்திலேயுள்ள பரப்பிகளால் உண்டாகும் இடையூறுகளைத் தவிர்ப்பதற்காக ஏற்பிகளில் இவ்வகைச் சாதனங்கள் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. மின்தடைகளையும் மின்பொருண்மைகளையும் கொண்டும் (R.L. வடிகட்டி), மின்தடைகளையும் மின்னேற்பிகளையும் கொண்டும் (R. C. வடிகட்டி) வடிகட்டிகள் அமைக்கப்படுகின்றன என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். ரேடியோ கருவிகளில் எளிதில் வெளிப்படையாகத் தெரியாத வடிகட்டிகள் பல விடங்களில் உள்ளன என்பதனையும் குறிப்பிட வேண்டும். அவை வெளிப்படையாகத் தெரியாததற்குரிய காரணம் என்னவெனில், அவற்றின் ஒரு பக்க உறுப்பானது வேறு ஏதேனுமோர் உறுப்பினது சுய மின்னேற்புத் திறன் அல்லது உள் மின்தடையினால் ஆகியிருப்பதே; சிலவிடங்களில் இரு பக்க உறுப்புகளுமே இவ்வாறாகியிருக்கலாம். பெருக்கிகள் செயல்படும் திறமையின் கணக்கிட்ட மதிப்பிற்கும் உண்மை மதிப்பிற்குமுள்ள வேறுபாடுகளுக்குரிய காரணம், இத்தகைய மறைந்துள்ள வடிகட்டிகளைக் கணக்கிலெடுத்துக்கொள்ளாததே.



படம் 82. அலைவெண் கணைமணி

(v) தொகுப்புக் கட்டுப்பாடு (Gang control): இசைவிக்கப்பட்ட பிணைப்புடைய பல கட்டங்கள் இருக்கும்போது சுற்றினை இயக்குதல் ஓரளவிற்கு வாக்குபோக்கில்லாமலிருக்கும். இதனை எளிமையானதாக்குவதற்காகவேண்டி எல்லா இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றுகளையும் பொதுவான ஒரு சுழலும் ஊடச்சு முளையின் (spindle) மீது இணைத்துவிடுதல் வழக்கம். இக் காரியத்திற்காகத் தனிவகைத் தொகுப்பு மின்னேற்பிகள் செய்யப்படுகின்றன. இதில் மின்னேற்பிகள் பலவும் பொதுவான ஓர் அடிச்சட்டத்தில் (chassis) பொருத்தப்பட்டிருக்கும். தொகுப்புச் சுற்றானது வெற்றிகரமாக வேலை செய்வதற்கு மின்னேற்பிகள் அவற்றின் மின்னேற்புத்திறனைப் பொறுத்தமட்டில் அளவுகோலின் எல்லா இடங்களிலும் திருத்தமாகப் பொருத்தம் பார்த்து அமைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். மின்னேற்பியினை அமைக்கும் விவரங்களில் கவனம் செலுத்துவதனால் இது பெறப்படுகின்றது. சில வகைகள் பிளவுபட்ட முனைகளையுடைய விசிறி இறகுகளால் ஆகியிருக்கும். அதனால் மின்னேற்பிகள் தொகுக்கப்பட்ட பின்னர் ஒரு பால (bridge) அமைப்பின் மீது மின்னேற்பிகளைச் சரியான பொருத்தமுடன் இருக்குமாறு செய்ய முடியும். முனைத்தகடுகள் 30° அல்லது அதைப்போன்ற கோண இடைவெளிகளில் இவை வடிப்

பள்ளங்கள் வெட்டப்பட்டிருக்கும் (slotted). இதனுல் முனைத் தகட்டின் பகுதிகளை உள்ளோ அல்லது வெளிப்புறமோ வளைத்து அளவுகோலின் பல்வேறு இடங்களிலும் விளைபயன் மின்னேற்புத் திறனனது ஒரு தரக்கட்டுப்பாட்டிற்குட் பட்டிருக்குமாறு மாற்ற முடியும்.

சுற்றிலுள்ள நெறியற்ற மின்னேற்புத் திறன்கள் எல்லா விடத்தும் ஒரே அளவினதாக இருக்கவேண்டுவது இரண்டாவது தேவையாகும். இந் நிபந்தனையை நிறைவேற்றுவதற்காக முதன்மையான மின்னேற்பிகளுடன் சிறிய 'சீராக்கும்' (trimming) மின்னேற்பிகள் இணைநிலையில் இணைக்கப்படுகின்றன. வழக்கமாக, சீராக்கிகள் (trimmers) மின்விசைத்தாங்கியான ஒரு மைக்காத் தகட்டினுல் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள இரு சிறிய தகடுகளால் ஆகியிருக்கும்; இவ்விரு தகடுகளுக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை ஒரு திருகினைச் சரிசெய்வதன் வாயிலாக மாற்றுவதனுல் இதன் மின்னேற்புத் திறனை மாற்றலாம்.

இறுதியாக, சுற்றிலுள்ள மின்பொருண்மைகள் யாவும் மிகத் திருத்தமாகப் பொருத்தமுடன் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட வேண்டும். மின்பொருண்மையில் ஏற்படும் மாறுதல்கள்களுக்கான திருத்தங்கள் அளவுகோலின் பல்வேறு பகுதிகளிலும் மாறுபடுவதால் இசைவிக்கும் மின்னேற்பியினைக்கொண்டு இதனை ஈடுகட்ட முடியாது. எனவே, மின்பொருண்மைகளையும் மின்னேற்பிகளையும் பொருத்தமட்டில் திருத்தமாகப் பொருத்தம் பார்த்து அமைத்தல் மிகவும் இன்றியமையாதது; அதே நேரத்தில் நெறியற்ற மின்னேற்புத்திறன்கள் சீராக்கிகளால் சரிசெய்யப்படுகின்றன. ஏற்பியானது ஒரே ஒரு நிலையத்தினை மட்டிலுமே ஏற்க வேண்டியிருந்தால் தொகுப்புக் கட்டுப்பாடு தேவையில்லை, பெருக்கும் நிலைகள் பலவற்றைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம்; அத்தகைய ஒவ்வொரு நிலையும் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றுகளைப் பெற்றிருக்கலாம். தொலைக்காட்சி ஏற்பிகள் பல இவ்வகையைச் சார்ந்தவையே.

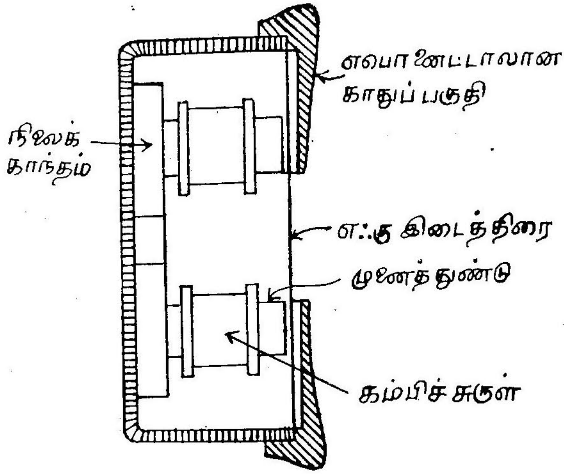
(vi) பல்வீச்சுகள் இசைவிப்பு (Multi-range tuning): பலவிடங்களில், அதிலும் குறிப்பாக வானெலி பரப்புதலில், ஒரே ஏற்பியில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட அலைவரிசைகளுக்கு இசைவித்தல் விரும்பத்தக்கது. இசைவிக்கும் கம்பிச்சுருளைத் தொடர்நிலையிலுள்ள இரு பகுதிகளாக அமைப்பதன் வாயிலாக இதனைப் பெறலாம். நீண்ட அலைவரிசையில் ஏற்றலுக்குக் கம்பிச் சுருள் முழுதும் கையாளப்படும். குற்றலைவரிசைக்கு, ஒரு பொத்தானின் துணைகொண்டு

கம்பிச் சுருளின் ஒரு பகுதியானது குறுக்குச் சுற்றுக்கப்படுகிறது. இதனுல் கம்பிச் சுருளின் மின்பொருண்மையானது குற்றலை களுக்குத் தகுந்த மதிப்பிற்குக் குறைக்கப்படுகிறது. ஆனல், ஒவ்வோர அலைவரிசைக்கும் முற்றிலும் தனித்தனியான ஒரு சுற்றினைக் கையாளுவதே தற்காலத்திய வழக்கம். இதனுல் ஒவ்வொரு சுற்றும் அதற்குப் பெரிதும் உகந்த பயனுறு திறனுடன் வேலை செய்ய முடிகிறது. இணைப்புகளை மாற்றுவதற்காகக் கையடக்கமான ஆனல், நம்பத்தகுந்த சுழலும் வகைப் பொத்தான்கள் உருவாகியுள்ளன. இப் பொத்தான்கள் பல தொகுதிகளாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும்; இப் பகுதிகள் உரிய கம்பிச் சுருளுக்கு நெருக்கமாக இருக்கும். கம்பிச் சுருள்களினிடையே எதிரெதிர் வினையேதுமில்லாமல் தவிர்ப்பதற்காகவேண்டி எந்த ஒரு நேரத்திலும் பயன்படுத்தப்படாமலிருக்கும் கம்பிச் சுருள்கள் குறுக்குச் சுற்றுக்கப்படுகின்றன.

(vii) ஒலிப்பான்கள் (Loudspeakers): ஓர் ஏற்பியினுல் செய்தியானது ஏற்கப்பட்டு, அதன் மின் ஆற்றலைக் கொண்டு இனங்கண்டு பிரிக்கப்பட்ட பின்னர் அதனை ஒலியாக மீண்டும் மாற்றுமல் விட்டுவிட்டால் ஏற்பியானது முழுமை பெற்றதாகாது; ஏன், பயனற்றதுங்கூட. மின் அலைகளை ஒலி அலைகளாக மாற்றி அதனுல் மூலச் செய்தியினை மீட்டுருவாக்கும் இப் பணியைச் செய்யும் சாதனம் ஒலிப்பான் (loudspeaker) எனப்படும். இது ஏற்பியினது இன்றியமையாத ஒரு பகுதியாக அமைவது இயற்கையே.

தொலைபேசி ஏற்பிகள் (Telephone receivers): மிகத் தொன்மையானதும் எளிமையானதுமான ஒலிப்பான் தொலைபேசி ஏற்பி அல்லது காதுக் குழல் ஆகும். இக் கருவியின் அடிப்படைத் தத்துவமாவது: ஒரு கம்பிச் சுருளின் வழியாகப் பாய்ச்சப்படும் ஒரு மின்னேட்டமானது அதனை அடுத்து வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு மெல்லிய எஃகு இடைத் திரையின் (diaphragm) மீது ஒரு காந்த இழுப்பு விசையினைத் தொழிற்படுத்துகிறது. இதன் விளைவாக இந்த இடைத்திரை அதிர்வுற்று ஒலி அலைகளை உண்டாக்குகின்றன. இவ்வொலி அலைகள் நம் காதைப் பாதிக்கின்றன. ரேடியோ இயக்குவோர் தலையில் பொருத்திக் கொள்ளும் தற்காலத்திய தொலைபேசி ஏற்பி படம் 83-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு நிலைகாந்தத்தின் தேனிரும்பு முனைத்துண்டுகளின்மீது இரு சிறிய கம்பிச் சுருள்கள் சுற்றப்பட்டுள்ளன. இம் முனைத்துண்டுகள் அவற்றிற்கு அருகே நெருக்கமாக அமைக்கப்பட்டுள்ள ஓர் எஃகு இடைத்திரையினை ஒரு நிலையான விசையுடன் இழுக்கின்றன. கம்பிச் சுருள்களின் ஊடே ரேடியோ

அலைவெண் மின்னோட்டங்கள் பாயும்போது முனைத்துண்டுகளுக் கும் இடைத்திரைக்குமிடையேயுள்ள இடைவெளியில் காந்தப் பாய்வின் அடர்த்தி (magnetic flux density) அம் மின்னோட்டங் களுக்குகேற்ப ஏறி இறங்குகிறது ; அதனால் இடைத்திரை அதிர் வுறுகின்றது. இடைத்திரை அதிர்வுறுவதால் அதனைத் தொட்டுக் கொண்டுள்ள காற்றில் ஒலி அலைகள் உண்டாகின்றன. திரி



படம் 83. தொலைபேசி ஏற்பி

பினைத் தவிர்ப்பதற்கும் உணர்திறனை அதிகரிப்பதற்கும் நிலை காந்தம் இன்றியமையாதது; அது இல்லாவிட்டால் இடைத் திரையினை இழுக்கும் விசை கம்பிச் சுருள்களால் மட்டிலும் உண் டானதாகவே இருக்குமாதலால், மின்னோட்டம் இருதிசைகளில் எந்த ஒரு திசையில் பெருமத்தை அடைந்தாலும் இழுக்கும் விசையும் பெருமத்தை அடையும். இவ்வாறாக, மின்னோட்டத்தின் அலைவெண்ணைப்போல் இருமடங்கில் இழுக்கும். வழக்கமாக காதுக் குழல்கள் மெல்லிய கம்பியின் பல சுற்றுகளான கம்பிச் சுருள் களையுடையது. ஒவ்வொரு காதுப் பகுதியும் 2000-லிருந்து 4000 ஓம்கள் வரை மின்தடையையுடையதாயிருக்கும். எளிய படிக அல்லது மின்குழாய் ஏற்பிகளில் இவற்றை நேரடியாகப் பயன் படுத்தலாம்.

மின்குழாய்ப் பெருக்கிகள் வளர்ச்சியடைந்ததனால் செவியுறு அலைவெண் மின்னோட்டங்களை எக்காளம் (trumpet) அல்லது ஊது கொம்பு பொருத்தப்பட்ட பெரிய தொலைபேசி ஏற்பிகளை இயக்கக்கூடிய அளவிற்குப் பெருக்கமடையச் செய்ய முடிந்தது.

ஊது கொம்பு பொருத்திய பெரிய தொலைபேசிகளே ஒலிப்பானுக்கு அடிப்படையாயமைந்தன. ஆனால், ஓர் எளிய தொலைபேசி ஏற்பியினைப் பயனுறுதிறன் மிக்க ஒலிப்பானாக உருவெடுக்கச் செய்வதன் முன்னர்ப் பல ஆராய்ச்சிகள் செய்யப்பட வேண்டியிருந்தன; பல மாறுதல்களைச் செய்ய வேண்டியிருந்தது. ஊது கொம்பு பொருத்தப்பட்ட பெரிய அளவினதாய தொலைபேசி ஏற்பி கடுமையான வரம்புகட்குட்பட்டிருக்கிறதென விரைவிலேயே கண்டறியப்பட்டது. சிறப்பாகச் சொன்னால் மிகத் தாழ்ந்த அல்லது மிக உயர்ந்த சுரங்களை மீட்டுருவாக்க இது பயனற்றதாக இருந்தது. இடைத் திரையின் அதிர்வு ஒலி ஆற்றலாக மாற்றப்படுவதற்கு அது ஒரு காற்றுத் தூணை அசையச் செய்ய வேண்டும். இக் காரணத்தினால் ஊது கொம்பானது தூணையின் மீது வைக்கப்படுகிறது; இது ஓர் ஒலி மாற்றி (acoustic transformer) ஆகச் செயல்பட்டு இடைத்திரையிலேயே ஏற்படும் சிறிய வீச்சினையும் உயர்ந்த அழுத்தத்தையுமுடைய காற்றுத் துடிப்புகளைத் தாழ் அழுத்த உயர்-அழுத்தத் துடிப்புகளாக மறுமுனையில் மாற்றிக் கொடுக்கிறது. சாதாரணக் கூம்பு வடிவ ஊது கொம்பு அவ்வளவு திருப்திகரமாக இருக்கக் காணப்படவில்லை. ஏனெனில், அதன் நெடுகிலும் அதிர்வுநிலை மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. இம் மாறுதல்கள் காற்றுத்தூணின் சில பகுதியிலுள்ள அதிர்வுகள் மற்றப் பகுதிகளிலுள்ள அதிர்வுகளுடன் குறுக்கிட்டு ஒலி கதிர்வீசப்படுவதன் அளவைக் குறைக்கின்றன. இதனைத் தவிர்க்க வேண்டின், ஊது கொம்பானது எந்த ஒரு புள்ளியிலும் அதன் பரப்பளவு A_0e^{bx}-க்குச் சமமாக இருப்பதற்கேற்ற ஒரு எக்ஸ்பொனென்ஷியல் அல்லது லாகரித்மிக் விதியை யொட்டித் திட்டமிட்டமைக்கப்படவேண்டும். மேலே கூறியதில் A_0 என்பது ஆரம்பப் பரப்பளவு, x என்பது கொம்பின் நெடுக்கில் தூரம். இத்தகைய ஓர் எக்ஸ்பொனென்ஷியல் கொம்பானது கொம்பு இடைத்திரையின் மீது சுமையேற்றுதல் எந்தவிடத்தில் திடீரென அறுபடுகிறதோ அந்த நிலைவரையிலும் கிட்டத்தட்ட ஒரே சீரான கதிர் வீச்சினைக் கொடுக்கும். வேறு வகையாகச் சொன்னால் காற்றோட்டங்கள் மிக விரைவாக அதிர்வுநிலை மாறுபாடடைந்து ஒரு 'முட்டுநிலை' (cut off) கிடைக்கின்றது. இந்த முட்டுநிலையானது ஊதுகொம்பு விரிவடையும் வீதத்தையே முற்றிலும் சார்ந்திருக்கிறது; பொதுவாக, கொம்பு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு நீண்டும் பெரிதாகவும் இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு முட்டு நிலை அலைவெண் தாழ்ந்திருக்கும். சாதாரண ஊது கொம்புடைய ஓர் அமைப்பு விநாடிக்கு 200 சுழற்சிகளுக்குக் கீழே சரியான எதிரளிப்பைக் கொடுக்காத அதே நேரத்தில் ஓர் எக்ஸ்போனென்ஷியல் கொம்பினைக் கொண்டு விநாடிக்கு 50-லிருந்து 70 சுழற்சி

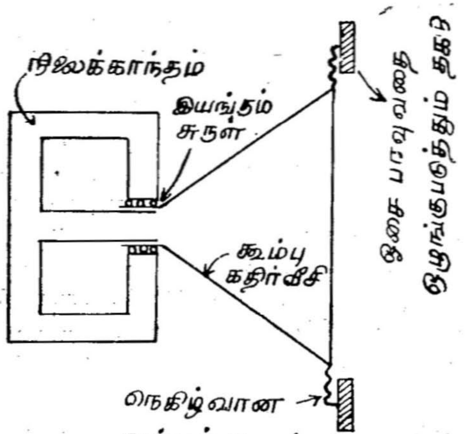
கள் வரை தாழ்ந்த அலைவெண்களிலும் கதிர்வீச்சினைப் பெற முடியும்.

ஒலிக் கதிர்வீச்சினை மேலும் செம்மைப்படுத்துவதற்கான முயற்சியில் அடுத்தபடியாகக் கூம்புக் கதிர்வீசிகள் (cone radiators) எனப்படுவனவற்றைப் பயன்படுத்திக் கணிசமான அளவுள்ள காற்றுத் தூணை அசைவுறச் செய்தலில் முயற்சிகள் செய்யப் பட்டன. கூம்புக் கதிர்வீசிகளில் இடைத்திரையானது 8-லிருந்து 10 அங்குலங்கள் அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட விட்டமுடைய ஒரு காகிதக் கூம்புடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். இத்தகைய ஒரு கூம்பின் சிறிய இயக்கமும் ஒப்பீட்டில் பெரிய காற்று இடப் பெயர்ச்சியினை உண்டாக்கும்; இத்தகைய அமைப்பானது எளிய ஊதுகொம்பு வகைகளைவிடச் சிறப்பான முறையில் கணிசமான அளவு தாழ்ந்த அலைவெண்களையும் மீட்டுருவாக்கும். ஆனால், கிட்டத்தட்ட வினாடிக்கு 100 சுழற்சிகளுக்குக் கீழ்ப்பட்ட அலை வெண்களுடைய ஒலிகளை மீட்டுருவாக்குதல் திருப்திகரமானதாக இருக்கவில்லை. மேற்கொண்டு செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் தாழ் அலைவெண்களையும் இடைநிலை அலைவெண்களையும் திறமையுடன் மீட்டுருவாக்குவதற்கான சரியான முறை ஒப்பீட்டில் நீண்ட ½ அங்குலம் அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தூரத்தில் அசையக் கூடிய, கட்டுப்பாடில்லாத கூம்பினைக் கையாளுவதே யெனக் காட்டின. இக் கூம்பு மிகச்சிறிய மீட்பு விசையினைக் கொடுக்கக் கூடிய வகையில் அமைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். இந்தக் கட்டுப் பாடில்லாத கூம்பு அமைப்பானது வெற்றிகரமாகக் கையாளக் கூடிய இயங்கு சுருள் ஒலிப்பானாக (moving coil speaker) வளர்ந் தது. அதனைக் கீழே விவரிப்போம்.

இயங்கு சுருள் ஒலிப்பான்கள் : சாதாரண வகை இயங்கு சுருள் ஒலிப்பான் படம் 84-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 20-லிருந்து 100 சுற்றுகள் வரையுள்ள ஒரு சிறிய கம்பிச்சுருள் ஒரு மெல்லிய காகிதக் குழாயின்மீது சுற்றப்பட்டு அவலரக்கு (shellac) அல்லது வார்னிஷால் (varnish) நழுவாமல் கெட்டியாகப் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இந்தக் கம்பிச்சுருளானது திறன்மிக்க ஒரு காந் தத்தின் (இது ஒரு நிலைக் காந்தமாகவோ அல்லது மின்காந்த மாகவோ இருக்கலாம்) குறுகிய வட்ட வடிவக் காற்றிடைவெளி யில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதனால், கம்பிச் சுருளானது இடை வெளியில் தாராளமாக உள்ளும் புறமுமாக அசைய முடியும். இடைவெளியின் குறுக்கேயுள்ள காந்தப்புலம் கம்பிச்சுருளின் சுற்றுகளைச் செங்கோணத்தில் வெட்டுகின்றது. எனவே, கம்பிச் சுருளின் வழியாகப் பாய்கின்ற எந்த மின்னோட்டமும் ஒரு

விசையினையுண்டாக்கும். இவ் விசை கம்பிச்சுருளை இடைவெளியிலிருந்து புறமாகத் தள்ள முயலும்; இதனால் ஏற்படும் கம்பிச் சுருளினது இயக்கத்தின் திசை மின்னோட்டத்தின் திசையினைப் பொறுத்திருக்கும். ஆகையால், இருதிசைச் சைகை மின்னோட்டங்களைக் கம்பிச்சுருளின் வழியாகப் பாய்ச்சினால் சுருள் முன்னும் பின்னுமாக அச்சின் ஊடே நகரும்.

ஓர் இலேசான, விறைப்பான காகிதக் கூம்பினைக் கம்பிச் சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ள காகித உருளையில் ஒட்டிவிட்டுக் கூம்பினை அதன் வெளிப்புற விளிம்பில் இணைக்கப்பட்ட ஒரு நெகிழ்வான தொங்கலினால் தொங்கவிட்டால் அக் கூம்பும் கம்பிச்சுருளோடு நகரும். அவ்வாறு நகர்வதால் விரும்பிய ஒலி அலைகளைக் கதிர் வீசச் செய்யும். கூம்பானது முரண்பட்ட தேவைகளுக்கு இணக்கமான ஒன்றாகத் திட்டமிட்டமைக்கப்படுகிறது. அது உயர் அலை



படம் 84. இயங்கு சுருள் ஒலிப்பான்

வெண்களில் தாராளமாக அதிர்வுறுவதற்கேற்பவும் காற்றினை அமுக்கவும் ஆனால், அதனால் வளையவோ அல்லது உருக்குலையவோ செய்யாமல் இருக்கும் வகையிலும், இலேசானதாகவும் விறைப்புடனும் இருக்க வேண்டும். தாழ் அலைவெண்களில் நன்றாகக் கதிர்வீசுவதற்கு அது பெரிதாக இருக்கவேண்டும்; ஆனால், உயர் அலைவெண்களுக்குச் சிறிய அளவினதாக இருக்க வேண்டும். பல ஒலிப்பான்கள் ஒரு தனி வகையான விறைப்புடைய காகிதத்தினால் 5-லிருந்து 10 அங்குல விட்டமுடைய கூம்புகளைப் பயன்படுத்துகின்றன. ஒரே சீரான அளவு ஒலி ஆற்றலைக் கதிர்வீச வேண்டின் கூம்பினது இயக்கம் அலைவெண்ணிற்கு எதிர் விகிதத்

திலிருக்க வேண்டுமெனக் காண்பிக்க முடியும். ஒரு கூம்பினை ஒரு வினாடிக்கு அதிகமான தடவைகள் குறைந்த தூரம் நகரச் செய்தால் அப்போது காற்றினைக் கிளர்ச்சியடையச் செய்யும் அளவானது கூம்பினை வினாடிக்குக் குறைந்த தடவைகள் நீண்ட தூரம் நகரச் செய்யும்போது உண்டாகும் கிளர்ச்சிக்குச் சமமென்பது வெளிப்படை. இந்தத் தத்துவத்தில்தான் கூம்பு வேலை செய்கிறது ; தாழ் அலைவெண்களில் கூம்பின் அதிர்வு கணிசமான அளவு வீச்சினையுடையதாக இருக்கும்.

தாழ் அலைவெண்ணிற்குச் சிறந்த எதிரளிப்பினைப் பெறுவதற்காகவேண்டி ஓசை பரவுவதை ஒழுங்குபடுத்தும் தகடு (baffle) ஒன்று பயன்படுத்தப்பெறுகிறது. இது ஒரு கனமான மரத் துண்டாகவோ அல்லது தகுந்த ஓர் உலோகத் துண்டாகவோ இருக்கும் ; இது படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல கூம்பினது தொடர்ச்சியாக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இது இல்லாவிடில், கூம்பின் ஒரு தாழ் அலைவெண் இயக்கமானது காற்றினைக் கூம்பின் ஒரு பக்கத்திலுள்ள உயர் அழுத்தப் பகுதியிலிருந்து அதன் மறு பக்கத்திலுள்ள தாழ் அழுத்தப் பகுதிக்கு இடம்பெயரச் செய்கிறது; அவ்வளவுதான். இதனால் காற்று, விளிம்பின் சுற்றுப் புறத்தில் அலைவுறும். ஒலி ஆற்றல் ஏதும் கதிர்வீசப்படாது. ஓசை பரவுவதை ஒழுங்குபடுத்தும் தகடானது மீட்டுருவாக்கப்பட வேண்டிய மிகத் தாழ்ந்த அலைவெண்ணினது அலைநீளத்தில் கால் பங்கிற்கும் அதிகமான விட்டத்தைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். இத் தகடு வழக்கமாக ஒரு பெரிய சதுர மரத்துண்டினால் ஆகியிருக்கும். அதன் நடுவில் ஒரு துளையுண்டு. இத் துளைவழியாக கூம்பு செயல்படுகிறது. பலவிடங்களில் இது ஒரு பெட்டி வடிவத்திலிருக்கும். இப் பெட்டியின் பின்புறம் திறப்பாகவோ அல்லது துளைகளுடனோ இருக்கும்; இதனால் காற்று, பெட்டியின் உள்ளும் புறமும் தாராளமாகச் சென்று வரமுடியும். இல்லாவிடில் சில குறிப்பிட்ட அலைவெண்களில் ஒத்ததிர்வு உருவாகும்; அதனால் மீட்டுருவாகிய ஒலி தாழ்சுரத்தில் இயற்கைக்குப் புறம்பாக ஒலிக்கும்.

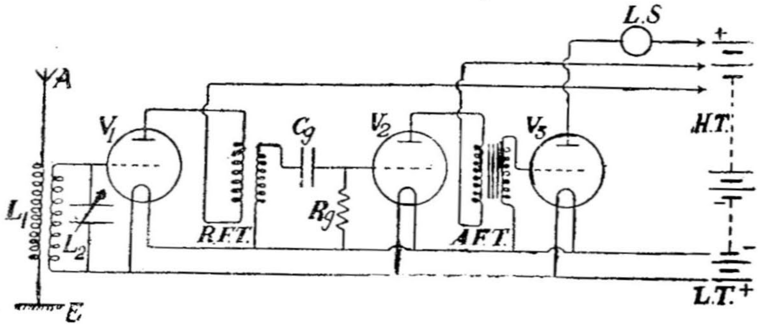
கம்பிச்சுருளுக்குக் கொடுக்கப்படும் திறனில் ஒரு பகுதி கம்பிச் சுருளின் சுற்றுகளில் வெப்பமாக வீணடிக்கப்படுகிறது; ஒரு பகுதியானது காந்தத்தில் ஏற்படும் சுழல் மின்னோட்டங்களால் வெப்பமாக வீணாகிறது; எஞ்சியதுதான் எந்திரத் திறனாக மாற்றப்படுகிறது. எந்திரத் திறனில் கொஞ்சம் காற்றில் உண்டாகும் சுழல்களால் வெப்பமாக வீணாகிறது; தாங்குநிலைகளில் ஏற்படும் உராய்வினால் வெப்பமாகச் சிறிது வீணாகிறது; எஞ்சியது ஒலியாக வெளிப்படுகிறது. கூம்பு வடிவ இயங்குசுருள் ஒலிப்பானில் சுருளில்

உள்ளிடப்படும் திறனில் ஏறத்தாழ 5% தான் வழக்கமாக ஒலித் திறனாக வெளிப்படுகின்றது. இயங்குகின்ற ஒரு திடப்பொருளிலிருந்து மெல்லிய பாய்பொருளாலான இடைநிலைப்பொருளுக்குத் திறனை மாற்றிக் கொடுப்பதிலுள்ள தொல்லைகள்தான், பயனுறு திறன் இவ்வளவு குறைவாக இருப்பதற்குரிய முக்கியமான காரணமாகும். இயங்குசுருள் கொம்பு ஒலிப்பானைக்கொண்டு இதனினும் உயர்ந்த பயனுறுதிறன் பெறப்படுகிறது. இதில் கம்பிச் சுருளானது இலேசான ஓர் இடைத்திரையுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. இந்த இடைத்திரை அதற்கென ஒதுக்கப்பட்ட ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திற்குள்ளேயே இயங்குகிறது. இது ஒரு எக்ஸ்பொனென்ஷியல் ஊதுகொம்பினால் காற்றோடு பிணைக்கப் பட்டுள்ளது. நன்றாகத் திட்டமிட்டமைக்கப்பட்ட கொம்பு ஒலிப் பானைக்கொண்டு உள்ளிடும் திறனில் ஏறத்தாழ 50% ஒலித் திறனைப் பெறலாம். ஆனால், இவ்வகை ஒலிப்பான் அளவில் பெருத் திருக்கும், விலையுமுயர்ந்தது. அதனால் மிகச்சிறந்த அலைவெண் எதிரளிப்பும் உயர்ந்த பயனுறுதிறனும் வேண்டப்படும் தனியிடங் களில் மட்டிலுமே இது பயன்படுத்தப்படுகிறது. பொதுமேடை நிகழ்ச்சிக்கான கொம்பு ஒலிப்பான்கள் எனப்படுபவை உண்மை யில் இயங்குசுருள் கூம்பு உருவினவே; இவற்றோடு கூடுதலாகக் குட்டையான கொம்புகள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இக் குட்டை யான கொம்புகள் திசைப்பண்புடைய ஓசை ஒழுங்குபடுத்தும் தகடுகளாகச் செயல்படுகின்றன. இவற்றை உண்மையான கொம்பு ஒலிப்பான்களேயெனக் குழப்பிக் கொள்ளக்கூடாது.

புழக்கத்திலுள்ள ஏற்பிகள் : புழக்கத்திலுள்ள மூன்றுவகை ஏற்பிகளை இப்போது சுருக்கமாகப் பார்ப்போம். அவை : நேர் வகை, கலக்கிப் பிரிக்கும் வகை, டிரான்சிஸ்டர் வகை எனப்படும். அவற்றின் ஒப்பீட்டுப் பெருமை சிறுமைகளையும் பார்ப்போம்.

1. **நேர்வகை ஏற்பி (Straight set) :** பயனுறுதிறனுடன் ஏற் றலைப்பற்றிய பல்வேறு செய்ம்முறைகளையும் நாம் மேலே ஆராய்ந்த திலிருந்து ஓர் எளிய வகை ரேடியோ ஏற்பியானது குறைந்தது மூன்று மின்குழாய்களையாவது பெற்றிருக்கவேண்டுமெனத் தெரி கிறது. அவையாவன: ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி (இது உள் ளிடப்படும் வலுக்குறைந்த சைகைகளைப் பெருக்குகிறது), சைகை களைப் பண்பிறக்குவதற்கு அதாவது ரேடியோ அலைவெண் ஊர்தி அலைகளிலிருந்து செவியுறு அலைவெண் செய்தி அலைகளைப் பிரித் தலைச் செய்யும் ஒரு நிவர்த்திப்பான், மூன்றாவதாக ஒலிப்பானை இயக்குவதற்குப் போதுமான திறனைப் பெற்றிருக்குமாறு செவியுறு அலைவெண் அலைகளுக்கு ஆற்றலூட்டும் ஒரு செவியுறு அலைவெண்

பெருக்கி. இத்தகைய ஓர் ஏற்பி படம் 85-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிலுள்ள மூன்று நிலைகளாவன : (1) ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கம் : உள்வரும் சைகைகள் வான்கம்பி A-ன் மீதுபட்டு ஒரு மிகச்சிறிய உயர் அலைவெண் மின்னோட்டத்தை L_1 சுருளில் உண்டாக்குகிறது. இந்த மின்னோட்டம் ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி



படம் 85. மூன்று மின்குழாய் ஏற்பி

யாகச் செயல்படும் மின்குழாய் V_1-னுடைய இடைவாயின் இசைவிக்கப்பட்ட சுற்று L_2-ல் தூண்டப்படுகிறது. (2) கண்டுபகுத்தல் : மின்குழாய் V_1-ன் தகட்டுச் சுற்றிலுள்ள பெருக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் மின்னோட்டமானது காற்று உள்ளக ரேடியோ அலைவெண் மின்மாற்றி (R.F.T.) வழியாக V_1 உடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. V_2 மின்குழாய் ஓர் இடைவாய் கசிவு கண்டுபகுப்பானாகச் செயல்படுகிறது. C_g, மின்னேற்பியும் R_g மின்தடையும் இதனை உணர்த்துகின்றன. (3) செவியுறு அலைவெண் பெருக்கம் : நிவர்த்திக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் V_3 மின்குழாயால் பெருக்கப்படுகிறது. V_3 ஆனது V_2 உடன் தூண்டல் முறையில் ஓர் உயர்த்தும் செவியுறு அலைவெண் இரும்பு உள்ளக மின்மாற்றி (A.F.T.) வழியாகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்மாற்றி ரேடியோ அலைவெண் கூறுக்கு ஒரு குறுக்கு வழியாய் அமைகிறது. இவ்வாறாக, செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியாகச் செயல்படும் V_3 வழக்கமாக ஒரு திறன்குழாயாகும். V_3-லுள்ள தகட்டு மின்னோட்டம் ஒலிப்பானை (L.S.) இயக்குவதற்குப் போதுமான வலுவுடனுள்ளது. ஒரு செவியுறு அலைவெண் மின்பொருண்மைச் சுருள் (வெளிப்பாட்டு மின்மாற்றி) ஒலிப்பானுக்கு இணைநிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. (இது படம் 85-ல் காட்டப்படவில்லை.) இது ஒருதிசை மின்னோட்டத்தைக் கடத்துகிறது ; ஆனால், செவியுறு அலைவெண் துடிப்புகளைத் தடுத்துவிடுகிறது.

இசைவிக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி எனத் தொழில் முறையில் கூறப்படும் தற்காலத்திய முழுமைபெற்ற நேர் வகை ஏற்பி மேற்கூறிய நிலைகளையே பெற்றிருந்தாலும் இதனினும் சிக்கலானது. வழக்கமாக இசைவிப்பானைத் தொடர்ந்து ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கும் மூன்று நிலைகளும், நிவர்த்திக்கும் குழாயும், செவியுறு அலைவெண் பெருக்கும் மூன்று நிலைகளுமிருக்கும். மும்முனைக் குழாய்களுக்குப் பதில் மிகுந்த பயனுறு திறனுடைய ஐம்முனைக் குழாய்கள் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. மேலும், ஏற்பி இருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாயால் இயக்கப்பட்டால் உயர் மின்னழுத்தமளிக்கும் நிவர்த்திக்கும் அமைப்பணியில் இரட்டை இருமுனைக் குழாயொன்று கூடுதலாக இருக்கும். மின் குழாயிடை பிணைப்பு இசைவிக்கப்பட்ட நேர்மின் வாய் வகையாக இருக்கலாம்; கண்டுபகுப்பான் நேர்மின்வாய்-வலைகோடு கண்டுபகுப்பானுக இருக்கலாம். இடைநிலை அலைகள் அல்லது நெட்டலைகள் ஆகியவற்றை ஏற்றலுக்கும், இசைவிக்கும் சுற்றுகளுக்கும் தொகுப்புக் கட்டுப்பாடுகள் கையாளப்படுகின்றன. பிணைப்பறுக்கும் சுற்றுகள், இடைவாய் மின்னழுத்தமளிக்கும் சுற்றுகள், முழக்க ஆட்சிகள் பலவும் சேர்க்கப்பட்டிருக்கும்.

இத்தகைய ஓர் ஏற்பி இடைநிலை அலைகளிலும் நெட்டலைகளிலும் வேலை செய்யும். வலுவான, அருகிலுள்ள பரப்பிகளிலிருந்து வரும் நிகழ்ச்சிகளை ஏற்றலுக்கு இவை குறிப்பாகப் பயன்படும். ஆனல், தொலைதூர நிலையங்களுக்குத் திருப்தியான ஆற்றலை அளிப்பது அருமை. அத்தகைய நிலையங்களிலிருந்து வரும் சைகைகள் வழக்கமாக வலுக்குறைந்தும் மாறும் வலுவுடனுமிருக்கும். உள்ளிடும் சைகை சிறிதாயிருப்பதால் அடுத்துள்ள அலைவெண்களின் வலுவான சைகைகளால் குறுக்கீடு ஏற்படக்கூடும். இக் குறுக்கீட்டைத் தவிர்ப்பதற்கு மாறும் இசைவித்தலைப் பயன்படுத்த வேண்டும். ஆனல், இசைவிக்கப்படும் வீச்சில் (range) ஏற்பியினது உணர்திறமும் பொறுக்கும் திறனும் மாறுகின்றன. இசைவிக்கப்படும் வீச்சினது உயர் அலைவெண் பக்க முடிவில் ஏற்பியானது அதிக உணர்திறனுடனும் ஆனல், குறைந்த பொறுக்கும் திறனுடனும் இருக்கும். இசைவிப்பு கூர்மையாக இருக்கின்ற தாழ் அலைவெண்களில் குறுகலான கடத்தும் அலை வரிசைகள் இன்றியமையாத பக்க அலைவரிசை அலைவெண்களைத் துண்டித்து விடலாம். மேலும், எளிதாக இசைவித்தலுக்காக வேண்டி இசைவிக்கும் மின்னேற்பிகள் தொகுப்புகளாக அமைக்கப்பட வேண்டும். இதனல் முழு வீச்சிலும் பொதுவான ஓர் அலைவெண்ணிற்கு இசைவித்தலுக்குப் பல இசைவிக்கும் மின்னேற்பிகளும் திருத்தமாக ஒன்றுக்கொன்று சரியாக இணைவிக்கப்பட்டி

ருக்க வேண்டும். ஏனெனில், ஒரு நிலையில் தவறிருந்தாலும் உணர் திறனும் பொறுக்கும்திறனும் கணிசமாகப் பாதிக்கப்படுகின்றன. தொகுப்புக் கட்டுப்பாடானது ஓரளவிற்குப் பின்னூட்டும் பாதைகளையும் உண்டாக்குகிறது. இவற்றை முழுவதுமாக நீக்கிவிட முடியாது. இதன் விளைவாக அலைவுகள் ஏற்படுவதற்கான வாய்ப்பினைத் தவிர்ப்பதற்காகவேண்டி எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கம் ஒரு வரம்பிற்குட்பட்டிருக்க வேண்டும். சைகையின் வலுவில் ஏற்படும் மாறுதல்கள், ஏற்பியினை இயக்குபவர் தொடர்ந்து முழக்க ஆட்சியினைச் சரிசெய்து கொண்டிருந்தாலன்றி வெளிப்பாட்டுத்திறனில் தொந்தரவு கொடுக்கும் மாறுதல்கள் உண்டாகும். பொதுவாக, மின்குழாய்கள் தாழ் அலைவெண்களில் வேலை செய்வதுபோல் அவ்வளவு சிறப்பாக உயர் அலைவெண்களில் வேலை செய்வதில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட நிலைத்த அலைவெண்ணில் ஏற்றலைச் செய்தால் இத் தொல்லைகள் யாவும் தவிர்க்கப்படும். எனவே, இசைவிக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் ஏற்பிகள் இப்போது நேரடியான பயனுறுதிறன் பெருக்கத்திற்குகந்த ஊர்தி அலைகளைப் பயன்படுத்தும் குறிப்பிட்ட அலைவெண்களில் இயங்கும் வேலைகட்கே சிறப்பாகப் பயன்படுகின்றன.

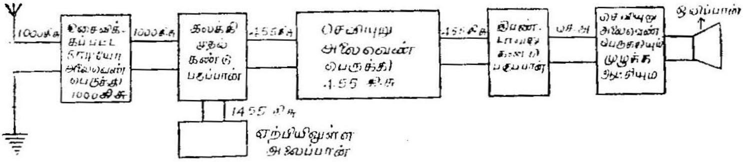
2. கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி (Superheterodyne set): இசைவிக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் ஏற்பியினது மேற்கூறிய வரம்புகளை வெற்றி காண்பதற்கு அதனினும் சிக்கலான மேற்புற ஒலி கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி திட்டமிட்டமைக்கப்பட்டுள்ளது. இது வழக்கமாக கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி (super-heterodyne set) எனப்படும். ஊர்தி அலையும் அதன் பக்க அலைவரிசைகளும், மின்குழாய்களும், சுற்றுகளும் சிறப்பாக வேலை செய்கின்ற ஒரு தாழ் அலைவெண்ணிற்கு மாற்றப்பட்டுவிடுமானால், இசைவிக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் ஏற்பியின் குறைகள் பெரும்பான்மையும் தவிர்க்கப்பட்டுவிடும். எனவே, கலக்கிப் பிரிக்கும் வகை ஏற்பியில் உள்ளிடப்படும் சைகையானது துடிப்புமுறை அல்லது கலக்கிப் பிரிக்கும் முறை எனப்படும் செய்ம்முறையில் ஒரு வசதியான தாழ் அலைவெண்ணிற்கு முதலில் மாற்றப்படுகிறது. எனவேதான் இவ்வேற்பி கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியெனப்படுகிறது. இந்தத் தாழ்ந்த அலைவெண் இடைநிலை அலைவெண் (intermediate frequency) எனப்படும்; இதுவும் காது கேளா ஒலி தான். பிறகு சைகையானது கண்டுபகுக்கப்படுவதற்கு முன்னல் ஒரு பொறுக்கும் பெருக்கியினுல் இந்தப் புதிய அலைவெண்ணில் பெருக்கப்படுகிறது; அ-து., இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கி எனப்படுவதால் பெருக்கப்படுகிறது. இப் பெருக்கி எப்பொழுதும்

நிலையாக ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் பல்வேறு நிலையங்களுக்குமேற்ப இதனை மாற்றி இசைவிக்க வேண்டுவதில்லை. பல்வேறு அலைகளுக்கும் இசைவிப்பதற்காக வேண்டி அதன் பகுதிகளின் மதிப்பை மாற்றிக் கொண்டேயிருக்க வேண்டிய ஒரு பெருக்கியினைக் காட்டிலும் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தில் மட்டிலும் வேலை செய்யும் ஒரு பெருக்கியினைக் கொண்டு மிக எளிதில் பொறுக்கி இசைவித்தலைச் செய்யக்கூடும். அலைவெண் நிலையாக இருத்தலால் தொகுக்கப்பட்ட மின்னேற்பிகள் தேவையில்லை. மேலும், ஒவ்வோர் இசைவிக்கப்பட்ட சுற்றையும் பின்னூட்டத்தைத் தவிர்ப்பதற்கேற்றவாறு போதுமான அளவு தடுத்துக்கொள்ளலாம்.

கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பிக்கு இன்றியமையாத அலைவெண் மாற்றும் செயலானது உள்வரும் சைகையோடு (பக்க அலை வரிசைகள் $\pm f_m$ உடன் கூடிய f_s) ஏற்பியிலேயே தோற்றுவிக்கப்படும் சற்று உயர்ந்த அலைவெண்ணுடைய (f_0) அலைவுகளைக் கலப்பதால் நிறைவேற்றப்படுகிறது. இதன் விளைவாக ஒரு துடிப்பு அலைவெண் (f_0-f_s) உம் பக்க அலைவரிசைகள் $f_0-f_s+f_m$, $f_0-f_s-f_m$ ஆகியவையும் உண்டாகின்றன. f_0 ஐத் தகுந்தவாறு சரிசெய்து கொள்வதன் வாயிலாக இவற்றை ஏற்பியினது எஞ்சிய பகுதி பெருக்கி, கண்டுபகுக்க வேண்டிய சரியான அலைவெண்ணை ஆக்கிக் கொள்ளலாம். அலைப்பான் f_0-க்குச் சரி செய்யப்பட்டு இடைநிலை அலைவெண் f ஆக இருக்கும்போது அலைவெண் மாற்றியானது நாம் விரும்பும் சைகையாகிய f_0-f-க்கும் 'பிம்பம்' அல்லது இரண்டாவது வாய்க்கால் எனப்படும் f_0+f-க்கும் எதிரளிக்கும். அலைவெண் மாற்றியிலிருந்து வரும் பிம்பத்தினால் ஏற்படும் இரண்டாவது வாய்க்கால் குறுக்கீட்டினைத் தவிர்ப்பதற்கு, அலைவெண் மாற்றிக்கு முன்னால் நாம் விரும்பிய சைகைக்கு இசைவிக்கப்பட்ட ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட சுற்றுகள் சேர்க்கப்படுகின்றன. உள்வரும் சைகையை இசைவித்தலும் ஏற்பியிலுள்ள அலைப்பானை இசைவித்தலும் ஒன்றாகத் தொகுக்கப்படுகின்றன; மேலும், இயன்றவரை சைகையினை இசைவிக்கும் சுற்றுகள் எப்போதும் அலைப்பானின் அலைவெண்ணிற்குக் கீழான, வினாடிக்கு f சுழற்சிகள் எனும் அலைவெண்ணிற்கே இசைவிக்கப்பட்டிருக்குமாறு சுற்றுகளின் மதிப்பெண்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.

நாம் முன்பே கூறியதுபோல (236 ஆம் பக்கம் பார்க்க) அலைவெண் மாற்றும் வேலைகளுக்கு அலைப்பானும் கலக்கியும் ஒன்றாகச் சேர்ந்துள்ள மும்முனை–அறுமுனைக் குழாய் அல்லது ஐந்து இடை

வாய்க் குழாய் போன்ற தனிவகை மின்குழாய்கள் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இக் குழாய்கள் மேலே விவரித்ததுபோன்று இரு அலைவெண்களைக் கூட்டுதல் அல்லது கழித்தல் ஆகிய வேலையை மட்டிலுமே செய்தலாக இல்லாமல் பண்பேற்றும் இயல்பு சார்ந்தவையாக உள்ளன. இம் மின்குழாய்கள் நிவர்த்திப்பான்களாக இருக்கவேண்டியது அவசியம். ஏனெனில், இரு அலைவுகளைக் கலப்பதன் விளைவு மாறுகின்ற வீச்சினையுடைய ஒரு கூட்டு அலையை (composite wave) உண்டாக்குவதே ; அதனை நிவர்த்தித்தால்தான் தகட்டு மின்னோட்டத்தில் நமக்குத் தேவையான மாற்றங்கள் கிடைக்கும்; உண்மையில் கேளா ஒலிகளாலான இடைநிலை அலைவெண்ணில் ஒன்றும் தாழ் (பேச்சு) அலைவெண்ணில் ஒன்றுமாக இரு மாறுதல்களைப் பெறுகின்றோம். இவற்றுள் முதலாவது தகட்டுச் சுற்றினை விரும்பிய அலைவெண்ணிற்கு இசைவித்தலால் முதலில் பயன்படுத்தப்படுகிறது; பிறகு அந்தக் குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணிற்கு இசைவிக்கப்பட்ட இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கிகளால் பெருக்கப்படுகிறது. மீண்டும் நிவர்த்தித்தல் செய்யப்படுகிறது. தாழ் அலைவெண் பண்பேற்றங்களை வெளிக்கொணர்வதற்காக இப்போது நிவர்த்திக்கப்படுகிறது. இவை பிறகு செவியுறு அலைவெண் நிலை ஒன்றினால் பெருக்கப்பட்டு வழக்கமான முறையில் ஒலிப்பானுக்குக் கொடுக்கப்படுகின்றன.



படம் 86. கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியின் தொகுப்புப் படம்

வானொலி ஏற்றலுக்காகத் திட்டமிட்டமைக்கப்பட்ட ஒரு கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியானது முக்கியமான பகுதிகள் தொகுப்புப் படமாகப் படம் 86-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 1000 கி.சு. ஊர்தி ஏற்கப்படுவதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. முதல் கட்டமானது வான்கம்பிக்கும் கலக்கிக்கும் இடைப்பட்ட இசைவிக்கப்பட்ட ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி நிலையைக் குறிக்கிறது. ஏற்பியிலுள்ள அலைப்பான் வெளிவிடும் கதிர்வீச்சுகள், விரும்பத்தகாத நெறியற்ற சைகைகள், பிம்ப அல்லது இரண்டாவது வாய்க்கால் அலைவெண் ஆகியவற்றால் உண்டாகும் குறுக்கீட்டினை ஒடுக்குவதற்காக இந்த நிலை சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இந்த நிலையில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள ஐம்முனைக் குழாய் ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கியானது மிகக் கூர்மையாக இசைவிக்கப்பட வேண்டுவதில்லை.

இரண்டாவது கட்டம் கலக்கும் மின்குழாயைக் குறிக்கிறது. இது, மேற்கூறிய காரணங்களாலும், ஏற்பியிலேயுள்ள கலக்கிப் பிரிக்கும் அலைப்பானுகவும் அலைவெண் மாற்றியாகவும் செயல்படுவதாலும் வழக்கமாக முதல் கண்டுபகுப்பான் என வழங்கப்படும். இக் காரியத்திற்கு ஐந்து இடைவாய் மாற்றி அல்லது மும்முனை-அறுமுனைக்குழாய் ஆகியவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். ரேடியோ அலைவெண் ஐம்முனைக் குழாய்ப் பெருக்கி, இம் மின்குழாயின் இடைவாயுடன் ஒரு ரேடியோ அலைவெண் மின்மாற்றி வழியாகப் பிணைக்கப்படுகிறது. கலக்கும் மின்குழாய் இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கியாகவும் செயல்படுகிறது என்பதனையும் கவனிக்கலாம். படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல ஏற்பியிலுள்ள அலைப்பானின் அலைவெண் **1455** கி.சு. ஆனுல், முதல் கண்டுபகுப்பானின் தகட்டுச் சுற்றில் (வெளிப்பாட்டுச் சுற்றில்) கூடுதல் அலைவெண் 2455, வேறுபாடு அலைவெண் 455 ஆகியவை தோன்றுகின்றன. மூல சைகையிலுள்ள அதே பக்க அலைவரிசைகளோடு கூடிய 455 கி.சு. இடைநிலை அலைவெண்ணிலுள்ள புதிய ஊர்தியே நாம் விரும்புவது. இது எப்போதும் நிலையாக இசைவிக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வெளிப்பாட்டு மின்மாற்றியினுல் பொறுக்கியெடுக்கப்பட்டு அதனைத் தொடர்ந்துள்ள இடைநிலை அலைவெண் நிலைக்கு ஊட்டுவிக்கப்படுகிறது.

455 கி.சு.-க்கு இசைவிக்கப்பட்டுள்ள இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கியினை மூன்ருவது கட்டம் காட்டுகிறது. வழக்கமாக இது எதிர்மின்வாய் மின்தடை சார்பேற்றுதலையுடைய ஓர் ஐம்முனைக் குழாயாக இருக்கும். இது வழக்கமான முறையில் வேலை செய்கிறது. இதில் பெருக்கம், பொறுக்குதிறம், அலை வரிசையை உருவாக்குதல் ஆகியவை பெறப்படுகின்றன. வெளிப்பாட்டுச் சுற்ருனது அதற்கு முந்திய நிலையிலுள்ளதுபோல் 455 கி.சு.-க்கு இசைவிக்கப்பட்ட ஓர் இடைநிலை அலைவெண் மின்மாற்றியாகும்; ஆனுல், இங்குத் துணைச்சுருளானது அதனை அடுத்துவரும் நிலையினது இருமுனைக் குழாய் கண்டுபகுப்பான் பகுதியினை விரட்டுகின்றது.

நான்காவது கட்டம், இரண்டாவது கண்டுபகுப்பானைக் குறிக்கின்றது. இது ஒரு பலநோக்கு இரட்டை இருமுனை-மும்முனைக் குழாயாகும். இது கண்டுபகுப்பானுகவும், தானியங்கு முழக்க ஆட்சியாகவும் செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியாகவும் செயல்படுகின்றது. இந்த மின்குழாயின் செவியுறு அலைவெண் வெளிப்பாடு அடுத்த நிலையுடன் மின்தடை-மின்னேற்பி பிணைப்பு கொண்டு பிணைக்கப்பட்டுள்ளது.

கடைசிக் கட்டம் செவியுறு அலைவெண் வெளிப்பாட்டு மின் குழாயாகும். இது ஒரு மும்முனைக் குழாயாக இருக்கலாம்; அல்லது ஓர் ஐம்முனைக் குழாயாக இருப்பது விரும்பத் தக்கது. இம் மின்குழாயானது அதன் சுமையாகிய ஒலிப்பானுடன் ஒரு செவியுறு அலைவெண் வெளிப்பாட்டு மின்மாற்றி வழியாகப் பிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இம் மின்மாற்றியானது மின்குழாய்க்குத் தேவையான சரியான உயர்மின் மின்தடுப்பையும் ஒலிப்பானுக்குத் தேவையான சரியான தாழ் மின்தடுப்பையும் கொடுக்கிறது. ஒலிப்பானின் ஒலி வெளிப்பாட்டை விரும்பிய உரப்பிற்குச் சரி செய்து கொள்வதற்காக வேண்டி ஒரு செவியுறு அலைவெண் முழக்க ஆட்சி இந்த நிலையில் சேர்க்கப்படுகிறது.

1000 கி.சு. அல்லாத வேறு ஊர்தி அலைகள் விரும்பி ஏற்கப் படும்போது ஏற்பியிலுள்ள அலைப்பானது அலைவெண்ணுக்கும் ஊர்தி அலைக்கும் உள்ள வேறுபாடானது இடைநிலை அலைவெண் அலைப்பானுக்குத் தேவைப்படுகின்ற 455 கிலோ சுழற்சிகளாக இருக்கும் வகையில் அலைப்பானது அலைவெண் சரிசெய்யப்படு கிறது.

மிக உயர்ந்த வேலைத் திறனையும், வளைந்து கொடுக்கும் தன் மையையும் பொறுத்தமட்டில் கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி மற்ற எல்லா வகைகளையும் அநேகமாக முழுவதும் வெற்றிகொண்டு விட்டது. ஏனெனில், இதில் ஒரு நிலைத்த அலைவெண் ஏற்பியின் நன்மையுடன் மாறும் இசைவித்தலின் நன்மையும் சேர்ந்துள்ளது. காட்டாக, குழூக் குறிச் சைகைகள், இசை, பேச்சு அல்லது வேறு வகைப் பண்பேற்றங்களை ஏற்பதற்கு வேறுபட்ட பல கடத்தும் அலைவரிசைகள் தேவை. கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியைக்கொண்டு ஒப்பீட்டில் எளிய முறையில் இதனைப் பெறலாம்; இதற்கு விரும்பியவாறு மாற்றிக் கொள்ளத்தக்க கடத்தும் அலைவரிசை தற்சிறப்புப் பண்புகளைப் பெற்றிருக்குமாறு கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியின் இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கி கட்டப்பட வேண்டும். மேலும், ஒன்றுக்கொன்று பெரிதும் வேறுபட்ட இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அலைவெண் வரிசைகளில் சைகைகள் ஏற்கப் படவும் வேண்டியுள்ளது. காட்டாக, வானொலி ஏற்றலில் தல நிலையங்கள் கிட்டத்தட்ட 500-க்கும் 1600-க்கும் இடைப்பட்ட அலைவெண்களில் வேலை செய்கின்றன. அதே நேரத்தில் பன்னாட் டிடை தொலைதூர ஏற்றலுக்குக் கிட்டத்தட்ட 5-லிருந்து 25 மெகா சுழற்சிகளுக்கு இடைப்பட்ட அலைவெண்கள் கையாளப்படு கின்றன. இத்தகைய பல்வேறு அலைவரிசைகளை ஏற்றலுக்குக் கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பிகளை எளிதில் அமைக்கலாம். ஏனெனில்

இதிலுள்ள இடைநிலை, செவியுறு அலைவெண் நிலைகளில் எந்த மாற்றமும் செய்ய வேண்டுவதில்லை. முதல் கண்டுபகுப்பானுக்கு முந்தியுள்ள ரேடியோ அலைவெண் சுற்றுகளாலான இசைவிக்கப் பட்ட ரேடியோ அலைவெண் சுற்றுகளும், கலக்கிப் பிரிக்கும் அலைப் பான் ஆகியவற்றிற்கு மட்டிலும்தான் தனிக்கவனம் செலுத்தப் பட வேண்டும். இந்தச் சுற்றுகள் சாதாரணமாக வான்கம்பிச் சுற்றினை இசைவித்தல், ரேடியோ அலைவெண் நிலையை இசை வித்தல், அலைப்பானை இசைவித்தல் போன்ற இரண்டு அல்லது மூன்றுதான் உள்ளன. ஏற்கப்பட வேண்டிய பல்வேறு அலை வரிசைகள் ஒவ்வொன்றிற்கும் தனித்தனி இசைவிக்கும் சுருள்கள் உள்ளன. அவற்றோடு பொத்தான்களும் ஒரு பொதுச் சுழல் தண்டின்மீது பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இதனால் எந்த் ஒரு சுருள் தொகுதியினையும் விருப்பம்போலத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ள லாம். இசைவிக்கும் சுருள்கள் இணையாகவுள்ள பல அளவை சுட்டும் முகப்புகளில் (dials) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இம் முகப்பு கள் ஒவ்வோர் அலைவரிசைக்கும் அலைவெண்களில் நெருக்கமாக அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்டிருக்கும்.

3. டிரான்சிஸ்டர் ஏற்பி (Transistor set) : சமீப காலத்தில் ரேடியோ ஏற்பிகளில் ஒரு சிறு புரட்சி ஏற்பட்டுள்ளது. இலே சான, சிறிய அளவுடைய, கையடக்கமான ஏற்பிகளின் தோற்றத் தினால் உண்டானது இப் புரட்சி. இவ்வேற்பிகள் மின்குழாய் களுக்குப் பதிலாக டிரான்சிஸ்டர்களெனப்படும் மிகமிகச் சிறிய ஆனால், எளிய சாதனங்களால் அமைக்கப்பட்டவை. டிரான் சிஸ்டர் முதன்முதலாக 1948-ல் பெல் தொலைபேசி ஆய்வுக் கூடத்தின் அமெரிக்க பௌதிக அறிஞர்களான ஜே. பார்டீன் (J. Bardeen), டபிள்யூ. ஷாக்லீ (W. Shockley), டபிள்யூ. பிராட் டைன் (W. Brattain) ஆகியோரது ஜெர்மானியம், சிலிகான் போன்ற சிறிதே கடத்தும் பொருள்களின் மின்பண்புகளைக் காண் பதற்காகச் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளினால் கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. எலெக்ட்ரானியலில் ஒரு திருப்புமுனையாகக் குறிப்பிடத் தக்க இத்தகைய கண்டுபிடிப்பிற்காக அவர்களனைவருக்கும் சேர்த்து 1956-ல் நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது.

சிறிதே கடத்திகள் (Semiconductors) : இவை படிக வடிவி லுள்ள திடப்பொருள்களாகும். இவற்றின் மின் பண்புகளைச் செம்பு, பொன், வெள்ளி, இரும்பு போன்ற உலோகக் கடத்தி களினுடையதற்கும் பீங்கான் (porcelain), குவார்ட்ஸ், ரப்பர் போன்ற கடத்தாப் பொருள்களினுடையதற்கும் இடைப்பட்ட வையாகக் கருதலாம். சிறிதே கடத்திகளில் ஒரு மின்னியக்கு

விசையைக் கொடுக்கும்போது மின்னோட்டத்தைப் பாயச்செய்யும் கட்டுப்பாடில்லாத மின்னேற்ற ஊர்திகளின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைவு ; இவை அதன் வெப்பநிலையை அல்லது அதிலுள்ள மாசுகளைச் சார்ந்திருக்கும். தனிச்சுழி வெப்பநிலையில், மாசுகள் முழுதும் நீக்கப்பட்டிருக்கும்போது சிறிதே கடத்தி ஒரு கடத்தாப் பொருளாகும். வெப்பநிலை உயரஉயர சில எலெக்ட்ரான்கள் வெப்பக் கிளர்ச்சியால் அவற்றின் அணுக்களிலிருந்து கட்டறுத்துக் கொண்டு மின் ஊர்திகளாகின்றன. மேலும், ஓர் எலெக்ட்ரான் அணு இடை பிணைப்பின் (inter atomic bond) இயல்பான நிலையிலிருந்து வந்துவிட்டால் படிகக் கட்டமைப்பில் ஓர் எலெக்ட்ரான் இணைதிறம் (·lectron valence) அல்லது ஒரு பொந்து (hole) உண்டாகிறது. இது ஒரு மாறு நேர்மின்னேற்றமாகத் தோற்றமளிக்கிறது. இவ்வாறாக, வெப்ப ஆற்றலினால் பிணைப்பிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் விடுபடும்போது ஓர் எலெக்ட்ரான் பொந்து இரட்டை (electron-hole pair) உண்டாக்கப்படுகிறது.

ஒரு திட்டவட்டமான எடுத்துக்காட்டினை எடுத்துக்கொண்டால், காட்டாக ஜெர்மானியம் (germanium), இது தனிம அட்டவணையில் (periodical table) நான்காவது தொகுதியைச் சேர்ந்தது ; அணுக்கருவைச் சூழ்ந்துள்ள எலெக்ட்ரான் ஓடுகளில் (electron shells) வெளிப்புறத்தேயுள்ள ஓட்டில் இணைதிறமுடைய எலெக்ட்ரான்கள் (valence electrons) நான்கினைப் பெற்றுள்ளது. இந்த எலெக்ட்ரான்கள்தான் மற்ற அணுக்களோடு தொடர்புகொண்டு படிகங்களை உருவாக்குகின்றன ; படிகத்தின் வடிவம் அல்லது படிகப் பின்னலை நிச்சயிக்கின்றன. ஜெர்மானிய அணு ஒவ்வொன்றினுடைய நான்கு எலெக்ட்ரான்களும் வேறு நான்கு அணுக்களினால் இணைதிறன் தளைகளில் (valence bonds) பிணைக்கப்படுகின்றன அல்லது பகிர்ந்துகொள்ளப்படுகின்றன. இந்த ஒவ்வோர் அணுவும் ஓர் எலெக்ட்ரானைத் தளைக்குக் கொடுக்கின்றது. எனவே, முற்றிலும் தூய ஜெர்மானியத்தில் இருக்கக்கூடிய எல்லா மின்னேற்ற ஊர்திகளும் இணைதிறன் தளைகளிலேயே பிணைக்கப்பட்டுள்ளதால் தாழ் வெப்பநிலைகளில் மின்சாரம் கடத்தப்படாது. உயர்ந்த வெப்பநிலைகட்குட்படுத்தப்படும்போது வெப்பக்கிளர்ச்சியினால் சில எலெக்ட்ரான்கள் தளைகளை உடைத்துக்கொண்டு விடுபடலாம் ; இதனால் எலெக்ட்ரான்-பொந்து இரட்டைகள் உருவாகின்றன. எனவே, நேர்மின், எதிர்மின் ஆகிய இரு ஊர்திகளாலுமே உள்ளார்ந்த கடத்தல் நிகழ வாய்ப்பேற்படுகிறது. வழக்கமான வெப்பநிலைகளில் உண்டாக்கப்படும் இத்தகைய இரட்டைகளின் எண்ணிக்கை ஒரு படிகத்திலுள்ள மொத்த எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையோடு ஒப்பிட மிகச் சிறியது. எனவே, கிடைக்கக்கூடிய மின்னேற்ற ஊர்திகளின் எண்ணிக்கை

யும் குறைவு ; ஆனால், இது வெப்ப நிலையுடன் அதிகரிக்கிறது ; படிகம் மின் தடைக்கு ஓர் எதிர் வெப்பநிலைக் கெழுவைப் பெற்றுள்ளது. ஜெர்மானியத்திற்கு ஏறத்தாழ 85° க்கு மேல்தான் கணிசமான அளவில் எலெக்ட்ரான்-பொந்து இரட்டைகள் தோன்றுகின்றன எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

பொந்தானது அணுவுடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும்போதுகூட அருகிலுள்ள அணுக்களோடு கட்டுப்பட்டுள்ள எலெக்ட்ரான்களால் கவரப்படுகின்றன. ஏனெனில், படிகத்தின் அணுக்களிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் எப்பொழுதும் இணைதிறன் தளைகளில் அமைய முற்படுகின்றன. கொடுக்கப்படும் ஒரு மின்புலம் அல்லது மின் இயக்கு விசையின் ஆட்சியில் இந்த எலெக்ட்ரான்களில் ஒன்று எப்போதாகிலும் தன்னைத் தளர்த்திக்கொண்டு அதன் மூல இடத்தைக் காலியாக விட்டுவிட்டு, அ-து., ஒரு பொந்தினை உண்டாக்கிவிட்டு, அடுத்துள்ள ஒரு பொந்திற்குத் தாவுகின்றது. இந்தப் பொந்து அதற்கு மிகவும் நெருங்கியுள்ள அடுத்த அணுவின் வேறோர் எலெக்ட்ரானால் நிரப்பப்படுகிறது. இவ்வாறு தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. இவ்வாறாகப் பொந்துகள் எலெக்ட்ரான்களைப் போலவே ஒரு நிலைத்த இழுப்பு வேகத்தில் கொடுக்கப்படும் மின்புலத்தின் எதிர்முனையை நோக்கி, படிகத்தின் ஊடே ஓரணுவிலிருந்து மற்றோர் அணுவிற்காக நகர்வதுபோலத் தோன்றுகிறது. பொந்துகளால் கடத்துதலும் எலெக்ட்ரான்களால் கடத்துதலைப் போன்றதே. இரண்டிற்குமுள்ள வேறுபாடு இயங்கும் மின்னேற்றத்தின் குறியும் வேறுபட்ட இயங்குதிறன்களுமே (mobilities). வழக்கமாக எலெக்ட்ரான்கள் பொந்துகளைப்போல் இருமடங்கு வேகத்தில் நகரும்.

கடத்துதலைப் பெரும்பாலும் ஒருவகை ஊர்திக்கே, அதாவது, *n*-வகைக் கடத்துதலுக்கு எலெக்ட்ரான்களுக்கும் (*n*-என்பது எலெக்ட்ரான்களின் எதிர்மின்னேற்றத்தைக் குறிக்கும்) *p* வகைக் கடத்துதலுக்குப் பொந்துகளுக்கும் (*p* என்பது பொந்துகளின் நேர் மின்னேற்றத்தைக் குறிக்கும்) வரையறுக்கப்பட்டிருந்தால் சிறிதே கடத்திகள் மிகுந்த ஆர்வமூட்டும் பண்புகளைப் புலப்படுத்துகின்றன. காட்டாக, தனிமங்களின் அட்டவணையில் ஐந்தாவது தொகுப்பிலுள்ள ஆர்செனிக் (arsenic) போன்ற ஒரு பொருளை மிகச்சிறிய அளவில் மிகவும் தூய ஜெர்மானியத்துடன் சேர்த்தால் அதனால் விளையும் பொருள் ஆர்செனிக்கால் வழங்கப்பட்ட அல்லது கொடையாகக் கொடுக்கப்பட்ட சில கட்டுப்பாடில்லாத எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றிருக்கிறது. ஆர்செனிக் கொடையாளி (donor) என்றும் தொகுபயனான ஜெர்மானியம் *n*-வகை யென்றும்

வழங்கப்படும். மாசாகிய ஆர்செனிக் அணுக்களின் எண்ணிக்கை ஜெர்மானிய அணுக்களின் எண்ணிக்கையோடு ஒப்பு நோக்க மிகக் குறைந்ததாக இருக்கும்படி — 10^{10}-ல் ஒன்றிலிருந்து 10^{14}-ல் ஒன்றுவரை—கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது; ஆர்செனிக் அணுக்கள் படிகப் பின்னலின் அடிப்படைக் கோல அமைப்பை மாற்றாமல் அதில் இடம் பெறுகின்றன. தனிம அட்டவணையின் ஐந்தாவது தொகுதியிலுள்ள ஆர்செனிக் ஐந்து இணைதிறமுடை எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றிருப்பதால் அதைச் சூழ்ந்துள்ள ஜெர்மானிய அணுக்களால் தளையை (bond) முழுமைப்படுத்துவதற்கு வேண்டப்படுவதைவிட அதிகமாக ஓர் எலெக்ட்ரான் உள்ளது. கூடுதலான இந்த எலெக்ட்ரான் கட்டுப்பாடில்லாமல் இருக்கிறது; இது படிகத்திற்குக் கொடையாகக் கொடுக்கப்படுகிறது. இப்போதும் படிகம் மின் நடுநிலையில்தான் உள்ளதென்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். ஏனெனில், ஆர்செனிக் கரு இந்த எலெக்ட்ரானைச் சமநிலைப்படுத்தும் ஒரு நேர்மின்னேற்றத்தைப் பெற்றுள்ளது. ஆனால், இதில் கிடைக்கும் முக்கியமான முடிவென்னவெனில் இந்தக் கூடுதலான எலெக்ட்ரான் மின்னோட்டமாகப் பாய்வதற்குத் தயாராக உள்ளது. இவ்வகை ஜெர்மானியப் படிகத்தில் கடத்துதல் எலெக்ட்ரானால் நிகழ்கிறது அல்லது இது *n*-வகைக் கடத்துதலாகும்.

மாறாக, தனிம அட்டவணையில் மூன்றாவது தொகுதியிலிருந்து கேலியம் (gallium) போன்ற ஒரு தனிமத்தை ஜெர்மானியத்துடன் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட மாசாகச் சேர்த்தால் மூன்று இணைதிறமுடைய எலெக்ட்ரான்களேயுள்ள ஒவ்வொரு கேலியம் அணுவும் ஒரு மையமாக அமைகின்றது. இது பின்னலின் வேறொரு பகுதியிலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரானை ஏற்றுக்கொள்கிறது. இதனால் அது ஒரு பொந்துகளின் தோற்றுவாயாகிறது. எனவே, கேலியம் ஏற்போன் (acceptor) என்றும் தொகுபயனான ஜெர்மானியம் *p*-வகையென்றும் வழங்கப்படும். இதனால் பொந்துகள் வாயிலாகக் கடத்துதல் இயலுகிறது. பொந்துகள் *p*-வகை ஜெர்மானியப் படிகத்தின் ஊடே கொடுக்கப்படும் மின்புலத்தின் ஆட்சியில் இடம்பெயர்கின்றன; வேறு வகையாகச் சொன்னால் அத்தகைய ஜெர்மானியப் படிகத்தில் பொந்துகளால் கடத்துதல் நிகழ்கிறது அல்லது அது *p*-வகைக் கடத்துதலாகும்.

நடைமுறையில் இருவகை சிறிதே கடத்திகளும் கீழ்க்கண்டவாறு தயாரிக்கப்படுகின்றன. சிறிதே கடத்தும் பொருள்கள் மிகத் தூய உருவத்தில் பல்வேறு உருக்கும் நுணுக்கங்களைக் கொண்டு கட்டுக்குள்ளடங்கிய வளி அழுத்தங்களில் தயாரிக்கப்

படுகின்றன. சிறிதே கடத்தியானது ஒரு சிறிய விதைபோன்ற படிகத்தை உருகியுள்ள பொருளில் தோய்த்துச் சுழற்றிக்கொண்டே மெதுவாக வெளியே எடுக்கப்படுவதால் ஒரு தனிப் படிகமாக வளர்க்கப் பெறுகிறது. படிகம் உருகியுள்ள பொருளிலிருந்து வெளியே எடுக்கப்படும்போது அதனை *n* அல்லது *p*-வகையாக்குவதற்காகச் சரியான நேரங்களில் கட்டுக்குள்ளடங்கிய அளவில் மாசுகளைச் சேர்க்கலாம். இருவகைகளின் தகுந்த சந்திப்புகளை (junctions) உருவாக்குவதில்தாம் நம் கவனம் உடனடியாகச் செலுத்தப்படவேண்டும். இச் சந்திப்புகள்தான் அணியினை நிவர்த்திப்பானுகவோ அல்லது இருமுனைக் குழாய் அல்லது மும்முனைக் குழாய் அல்லது டிரான்சிஸ்டரின் பண்பினைப் பெற்றிருக்கும் ஒன்றாகவோ செய்கின்றன.

சிறிதே கடத்தி இருமுனைக் குழாய்கள் : *n*, *p*-வகை சிறிதே கடத்திகளின் சந்திப்புகளை உருவாக்குவதால் இவை பெறப்படுகின்றன. இதனைப் பலவழிகளில் செய்யலாம். காட்டாக, 'வளர்ந்துருவாக்கிய சந்திப்பில்' (grown junction) ஒரு தனிப் படிகம் உருவாக்கப்படும் நேரத்தில் அதில் கட்டுக்குள்ளடங்கிய அளவில் கொடையாளி, ஏற்போன் மாசுகளைச் சேர்ப்பதன் வாயிலாக ஒரே சிறிதே கடத்தியில் *n*, *p* ஆகிய இரு பகுதிகளும் வளர்க்கப்படுகின்றன. பரவி விரவலாக்கிய சந்திப்பு (diffused junction) கீழ்க்கண்டவாறு உருவாக்கப்படுகிறது. ஏற்போன் வகை சிறிதே கடத்தி ஒன்றின் ஒரு மென்தகட்டின் (wafer) ஒரு பக்கத்தின்மீது கொடையாளியான ஒரு மாசினது சிறு குளிகை ஒன்று பற்றவைக்கப்படுகின்றது. இதனால் அக் குளிகை உருகி மென்தகட்டினூடு சிறிது தூரம் வரை பரவிவிரவுகின்றது. அவ்வாறாக ஒரே சிறிதே கடத்தியில் *p*-வகையுடன் நெருங்கிய தொடர்புடைய *n*-வகைப் பகுதி உருவாக்கப்படுகிறது. ஒரு புள்ளியில் தொடும் வகையில் தொடும் புள்ளியின் அருகே சந்திப்பு கீழ்க்கண்டவாறு உருவாக்கப்படுகிறது. அப் புள்ளியின் வழியே ஓர் உயர்ந்த மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்ச அப் புள்ளியின் அருகிலுள்ள *n*-வகை அடிப்பொருளானது *p*-வகைப் பொருளாக மாறுகின்றது.

இவ்வாறு உருவாக்கப்பட்ட ஒரு சந்திப்பில் எலெக்ட்ரான்களும் பொந்துகளும் முறையே சிறிதே கடத்தியின் *n* பகுதியிலும் *p* பகுதியிலும் மின்னோட்ட ஊர்திகளாக உள்ளன. இவை பெரும்பான்மை ஊர்திகள் (mejority carriers) எனப்படும். ஏனெனில், ஒவ்வொரு வகையினையும் எடுத்துக்கொண்டால் அவை எதிரிடையான மின்னுடைய ஊர்திகளைவிடப் பெருவாரியாக உள்ளன. ஒவ்வொரு மண்டிலமும் எல்லா அணுக்களின் மொத்த மின்னேற்

றத்தையும் சேர்த்துப் பார்க்க மின் நடுநிலையில் இருக்கும். ஒரு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்து p மண்டிலத்தை நேர் மின்னுடைய தாக்கினுல் நிலைமை மாறுகிறது. p மண்டிலத்திலுள்ள பொந்து கள் அங்கேயுள்ள நேர்மின்புலத்தினுல் எதிர்த்துத் தள்ளப்படு கின்றன. n மண்டிலத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்களும் ஆங்குள்ள எதிர்மின்புலத்தினுல் எதிர்த்துத் தள்ளப்படுகின்றன. எனவே, பொந்துகளும் எலெக்ட்ரான்களும் சந்திப்பை நோக்கி இழுக்கப் படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் சந்திப்பைத் தாண்டி அடுத்துள்ள பொந்துகளை நிரப்புகின்றன. அதே நேரத்தில் சந்திப்பிற்கு இடம் பெயறும் பொந்துகள் அங்கே பொந்துகளை மீளவும் நிரப்புகின்றன. இந்நிலைகளில் சந்திப்பு முன்னேக்கிய திசையில் ஒரு சார்பேற்றம் (bias) உடையதாகச் சொல்லப்படுகிறது. இச் சார்பேற்றம் மின்னேட்டம் பாய்வதற்கு ஒரு தாழ் மின்தடையைக் கொடுக் கிறது. மாருக, கொடுக்கப்படும் மின்னியக்கு விசையின் திசையை மாற்றி p மண்டிலத்தை எதிர் மின்னுடையதாகவும் n மண்டி லத்தை நேர்மின்னுடையதாகவும் ஆக்கினுல், பொந்துகளும் எலெக்ட்ரான்களும் அவற்றிற்குரிய முனைகளை நோக்கிச் சந்திப் பிற்கு அப்பால் ஈர்க்கப்படுகின்றன. இதனுல் சந்திப்பில் மின் னேற்றங்களே இல்லாமல் போய்விடுகிறது. எனவே, சந்திப்பு மின்னேட்டத்திற்கு உயர் மின்தடை கொடுப்பதுபோல் தோன்று கிறது ; சந்திப்பு எதிர்த்திசையில் சார்பேற்றமுடையதாகச் சொல்லப்படுகிறது அல்லது ஒரு மின்வேலி உண்டாகிவிட்ட தாகச் சொல்லப்படுகிறது. ஒரு சந்திப்பானது இருமுனைக்குழாய் நிவர்த்திப்பானைப்போல ஒரு திசையில் மற்ெருரு திசையைக் காட்டிலும் அதிகமான மின்னேட்டத்தைச் செலுத்த முடிவதனுல் இது நிவர்த்திக்கும் பண்பைப் பெற்றிருப்பதைக் கவனிக்க வேண்டும். இது சிறிதே கடத்தி சாதனத்தின் பல பயன்களில் ஒன்று; இத்தகைய நிவர்த்திப்பான்கள் இப்போது வாணிகத் திற்காகச் செய்யப்படுகின்றன ; அவற்றுள் ஒரு வகை 1 வோல்ட் டுக்கும் குறைந்த மின்னழுத்த இறக்கமுடன் 2·5 ஆம்பியர்களைக் கடத்தும் ; இது எதிர்த்திசையில் 600 வோல்ட்டுகள் வரை எதிர்த்து நிற்கும்.

சிறிதே கடத்தி மும்முனைக் குழாய்கள் அல்லது டிரான்சிஸ்டர்கள்: சிறிதே கடத்தி இருமுனைக் குழாய்கள் இரண்டினைச் சேர்த்து டிரான்சிஸ்டர் எனப்படும் சிறிதே கடத்தி மும்முனைக் குழாயினை உருவாக்க முடியும். நடைமுறையில் சந்திப்பு உருவாக்குவதற் கோப்பான பல வழிகளில் இது செய்யப்படுகிறது.

(அ) **சந்திப்பு வகைகள் :** இருவகை சந்திப்பு டிரான்சிஸ்டர் கள் உள்ளன. உள்ளே வளர்ந்தவகை (grown-in-type)—அதிக

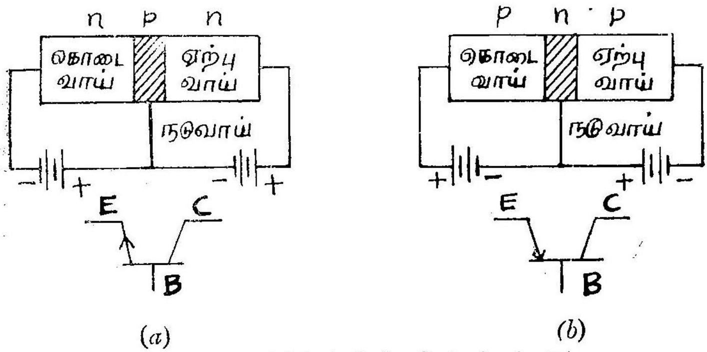
மான கனமுடைய இரு *n* படலங்களுக்கிடையே மிக மெல்லிய (ஏறத்தாழ 0·001 அங்குல கனம்) *p* படலம் இருக்குமாறு அமைத்துப் படிகத்தை உருவாக்கி இது செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறாக நான்கு இணைதிறமுடைய (tetra valent) ஜெர்மானியத்தில் (உருகிய பொருளிலிருந்து ஒரு தனிப் படிகம் வளரும் போது) முதலில் மூன்று இணைதிறம் உடைய கேலியத்தையும் பின் ஐந்து இணைதிறமுடைய ஆன்டிமனியையும் சேர்ப்பதால் *n-p-n* டிரான்சிஸ்டர் உண்டாகிறது. இதனையொத்த வேலை செய்யும் *p-n-p* படலங்களுடனும் படிகத்தை வளர்க்கலாம். இண்டியம் (போரான் அல்லது கேலியம்) துண்டு ஒரு மெல்லிய *n* வகை ஜெர்மானியப் படிகத்தின் ஒவ்வொரு பக்கத்தின் மீதும் உருக்கப்படுவதால், இண்டியத்தில் கொஞ்சம் மென்தகட்டின் பக்கங்களின் ஊடு பரவிவிரவுகிறது. இவ்வாறாக *p-n-p* டிரான்சிஸ்டர் உருவாகிறது.

(ஆ) **புள்ளியில் தொடும் வகைகள்** (Point contact type): இவற்றைச் சந்திப்பு வகையின் தனி உருவமாகக் கருதலாம். *n* வகை ஜெர்மானிய மென்தகடு ஒன்றினது ஒரு பக்கத்தின் மீது கூரிய முனையுடைய இரு கம்பிகள் அழுத்தி வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு கம்பிகளும் ஒன்றுக்கொன்று 0·002 அங்குலமெனும் வரிசையிலுள்ள மிகச்சிறு தூரத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். தொடு புள்ளிகளின் குறுக்கே ஒரு பெரிய மின்னோட்டத்தை ஒரு கண நேரம் பாய்ச்சினால் அப்போது உண்டாகும் வெப்பம் சில எலெக்ட்ரான்களைத் தொடும் புள்ளிகளின் மண்டிலங்களிலிருந்து அப்பால் விரட்டுகிறது. இதனால் அவை விட்டுச்சென்ற இடங்களில் பொந்துகள் உண்டாகின்றன. இவ்வாறாக, தொடுபுள்ளிகளுக்கடியிலும் அதனைச் சூழ்ந்துள்ள பகுதிகளிலும் உள்ள ஒரு சிறு பருமன் ஜெர்மானியம் உடனடியாக *p* வகையாக மாறுகிறது. அதனால் *p-n-p* டிரான்சிஸ்டர் உண்டாகிறது. இதே முறையில் புள்ளியில் தொடும் வகை *n-p-n* டிரான்சிஸ்டர்களையும் உண்டாக்கமுடியும்.

(இ) மேற்புற வேலி **வகைகள்** : இவை மின்னாற்பகுப்பு முறையில் செதுக்குதல், முலாம் பூசுதல் போன்ற செய்முறைகளால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இரு இண்டியம் சல்ஃபேட் கரைசல் அருவிகள் இரண்டு வகை ஜெர்மானிய மென்தகட்டின் மேற்பரப்புகளின் மீது அச்சின் ஊடே எதிரெதிர் முனைகளில் ஊற்றப்படுகின்றன. அதே நேரத்தில் மென்தகடு, கரைசல் ஆகியவை வழியாக ஜெர்மானியத்தை மென்தகட்டின் பக்கங்களிலிருந்து மின்னாற்பகுப்பு முறையில் நீக்குவதற்கேற்ற திசையில் ஓர் ஒரு திசை மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்படுகிறது. கரைசல் தெளிக்கப்

படுகின்ற சிறு பரப்புகள் செதுக்கப்படுகின்றன. விரும்பிய கனம் வந்தவுடன் திடீரென மின்னோட்டத்தைத் திருப்புவதால் செதுக்கும் செயல் நிறுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு திருப்புவதால் மென் தகட்டின் இரு எதிரெதிர் பக்கங்களிலும் செதுக்கப்பட்ட பகுதிகளில் இண்டிய உலோகப் புள்ளி முலாம் பூசப்படுகிறது. இவ்வாறாக *p-n-p* வகை டிரான்சிஸ்டர் உருவாகிறது.

எனவே, டிரான்சிஸ்டர்களை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். அவையாவன: *n-p-n* வகை, *p-n-p* வகை. அவை செயல்படும் தத்துவம் படம் 87-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. சுற்று இணைப்புகள் படத்தில் காட்டியுள்ளது போல் செய்யப்படுகின்றன. *n-p-n* வகையில் (படம் 87a) இடது கைப் பக்கமுள்ள *n-p* சந்திப்பால்



படம் 87. டிரான்சிஸ்டர் வேலை செய்யும் தத்துவம்

உருவாகும் இருமுனைக்குழாய் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் மின் இயக்கு விசை கொடுத்து முன்திசையில் சாற்பேற்றம் கொடுக்கப்படும்போது அது ஒரு தாழ்ந்த மின்தடையாக அமைகிறது. *n* படலத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் பொந்து மிகுந்துள்ள நடுவாய்ப்பகுதியாகிய *p* படலத்திற்கு வருகின்றன. அப்போது *n* படலமானது எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றதெனச் சொல்லப்படுகிறது; அது கொடைவாய் எனப் பெயர் சூட்டப்பட்டுள்ளது. *p* மண்டலத்தை அடையும்போது சில எலெக்ட்ரான்கள் பொந்துகளுடன் சேர்கின்றன; ஆனால், பெரும்பான்மையானவை நேர் மின்னுடைய வலப்புற *n-p* சந்திப்பின் *n* படலத்தின் ஆட்சியின் கீழ் வந்து அதனுல் ஈர்க்கப்படுகின்றன அல்லது சேகரிக்கப்படுகின்றன. அப்போது அந்தச் சந்திப்பின் *n* படலம் ஏற்புவாய் (collector) எனப்படும். பொந்துமிகுந்த மைய *p*-படலம் மிக மெல்லியதாக இருப்பதால் சில எலெக்ட்ரான்களே நடுவாயின் பொந்துகளுடன் சேரமுடிகின்றது. வெளிவிடப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களில் 95-லிருந்து 99% ஏற்பு வாயைச் சேர்ந்து நடுவாயி

லிருந்து ஏற்புவாய்க்கு ஓர் ஏற்புவாய் மின்னோட்டம் பாயச் செய்கின்றன. எனவே, ஏற்புவாய் மின்னோட்டத்திற்கும் கொடைவாய் மின்னோட்டத்திற்குமிடையேயுள்ள விகிதம் 0·95-லிருந்து 0·99 வரையெனும் வரிசையிலிருக்கும். (1) கொடைவாய் எப்போதும் முன்திசையிலும், ஏற்புவாய் பின்திசையிலும் சார்பேற்றம் பெற்றிருக்கும் என்பதையும் (2) சிறிதே கடத்தி இருமுனைக் குழாய்கள் இரண்டினைப் பின்புறமும் பின்புறமும் ஒன்றாகச் சேர்ப்பதால் டிரான்சிஸ்டர் உருவாகிறதென்பதனையும் கவனிக்க வேண்டும்.

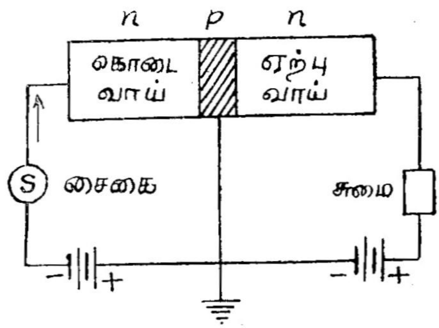
p-n-p வகையில் (படம் 87b) சுற்று இணைப்புகள் தலைகீழாயிருக்கும். இதனால் இடப்புற *p-n* சந்திப்பு முன் சார்பேற்றம் பெற்றிருக்கும். இதனால் முன் கூறிய பொது விதிப்படி *p*-படலம் கொடைவாயாக அமைகிறது; வலப்புற *p-n* சந்திப்பு பின் சார்பேற்றம்பெற்று அதன் *p* படலம் ஏற்புவாயாக அமைகிறது. நேர்மின் கொடைவாய் பொந்துகளை *n* வகை நடுவாய்ப் பகுதிகட்குச் செலுத்துகிறது (அல்லது நடுவாய்ப் பகுதியிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கிறது). இந்தப் பொந்துகள் எதிர்மின்னுடைய ஏற்புவாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கின்றன. அதனால் ஏற்புவாயிலிருந்து நடுவாய்க்கு ஓர் ஏற்புவாய் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. செலுத்தப்பட்ட பொந்துகளில் சில நடுவாய் மண்டிலத்தில் எலெக்ட்ரான்களோடு சேர்கின்றன. இதனால் மீண்டும் ஏற்புவாய், கொடைவாய் மின்னோட்டங்களின் விகிதம் 0·95-லிருந்து 0·99 வரையெனும் வரிசையிலிருக்கும்.

n-p-n டிரான்சிஸ்டர், *p-n-p* டிரான்சிஸ்டர் ஆகியவற்றிற்கான விளக்கப்பட அடையாளக் குறியீடுகள் அவற்றிற்குரிய சுற்று விளக்கப்படங்களுக்குக் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு வகையிலும் கொடைவாய் முனையில் அம்புக் குறி காட்டும் திசை மின்னோட்டம் எளிதாகப் பாயும் திசையைக் குறிக்கிறது. மின்முனைகளும் மின்னோட்டம் பாயும் திசைகளையும் பொருத்தமட்டில் வேறுபாடுகளிருந்தாலும் *p-n-p* டிரான்சிஸ்டர் *n-p-n* டிரான்சிஸ்டரை ஒத்திருக்கிறது.

நாம் மேலே கூறியதிலிருந்து ஒரு டிரான்சிஸ்டர் ஆனது கீழ்க்கண்ட மூன்று அடிப்படைக் கூறுகளைப் பெற்றிருக்க வேண்டுமென்பது தெரிகிறது: (i) கொடைவாய், (ii) நடுவாய், (iii) ஏற்புவாய். கொடைவாய் ஊர்திகளை அடிப்பகுதிக்குச் செலுத்துகிறது. (ஊர்திகள்—*n-p-n* வகையில் எலெக்ட்ரான்கள், *p-n-p* வகையில் பொந்துகள்.) இது வெப்ப மின்துகள் மின்குழாயின் எதிர்மின் வாய்க்குச் சரிநேர்ப் பகுதியாகும். ஏற்புவாய் ஊர்திகளை நடு

வாயின் வழியாக ஈர்க்கிறது. அதனால் ஒரு மின்னோட்டம் டிரான்சிஸ்டர் வழியாகப் பாய்கிறது. எனவே, இது வெப்ப மின்துகள் மின்குழாயின் நேர்மின் வாய்க்கு ஒப்பானது. நடு வாயானது டிரான்சிஸ்டர் வழியாக மின்னேற்றங்கள் பாய்வதனைக் கட்டுப்படுத்துவதற்காக ஒரு சார்பேற்ற மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. எனவே, இது மின்குழாயினது இடைவாயின் சரிநேர் பகுதி. இவ்வாறாக மும்முனைக் குழாயின் வேலைகளைச் செய்யும் திறம் படைத்த சிறிதே கடத்தி மும்முனைக் குழாயை நாம் பெறுகிறோம்.

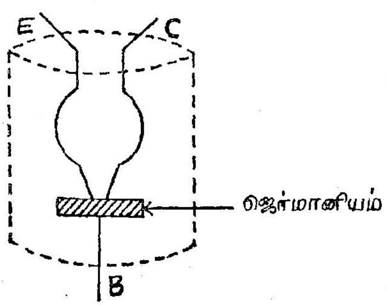
டிரான்சிஸ்டர் உண்டாக்கும் பெருக்கம் : கொடைவாயோடு ஒப்பிட நடுவாயின் மின்னழுத்தத்தைப் படம் 88-லுள்ளதுபோல் கொடைவாய்ச் சுற்றில் உள்ளிடப்படும் சைகையினால் மாற்றினால் எலெக்ட்ரான்கள் ஓட்டம் அடிவாயிலிருந்து கொடைவாய்க்குள்ள மாறும் மின்னழுத்தத்திற்கேற்ப பண்பேற்றம் பெறும். முன்னே விளக்கியதுபோல ஏற்புவாயின் வெளிப்பாட்டு மின்னோட்டத்திற்கும் கொடைவாயின் உள்ளிடு மின்னோட்டத்திற்குமுள்ள விகிதம் ஒன்றிற்குக் குறைவாக இருந்தாலும் (0·95 லிருந்து 0·99 வரை எனும் வரிசையிலுள்ளது) டிரான்சிஸ்டர் மின்னழுத்தப் பெருக்கம், திறன் பெருக்கம் ஆகிய இரண்டையுமே செய்யும் ஆற்றல் படைத்தது. ஏனெனில், கொடைவாய் மின்னோட்டம் அல்லது உள்ளிடும் மின்னோட்டம் ஒரு தாழ்ந்த மின்தடைச் சுற்றில் பாய்கிறது. அதே நேரத்தில் அதற்குக் கிட்டத்தட்ட சமமான கொடைவாய் அல்லது வெளிப்பாட்டு மின்னோட்டம் ஓர் உயர் மின்தடைச் சுற்றில் பாய்கிறது. கொடைவாய்-நடுவாய் தாழ்ந்த மின்தடைச் சுற்றை எடுத்துக்கொண்டு பார்த்தால் நடுவாயிலிருந்து கொடைவாய்க்குள்ள மின்னழுத்தத்தில் ஏற்படும் ஒரு சிறு மாறுதல், கொடைவாய் மின்னோட்டத்தில் பெரும் மாறுதலையும், அதற்கியைந்த பெரிய மாற்றத்தை ஏற்புவாய் மின்னோட்டத்திலும் உண்டாக்கும். நடுவாய்க்கும் ஏற்புவாய்க்குமிடையே கொடுக்கும் மின்னழுத்தத்தினால் ஏற்புவாய் மின்னோட்



படம் 88. n-p-n டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி

டத்தில் அதே மாறுதலைச் செய்வதற்கு இந்த உயர் மின்தடைச் சுற்றில் உயர்ந்த மின்னழுத்த மாறுதல் தேவைப்படும். இந்தத் தேவைப்படும் மாறுதல் நடுவாய்க்கும் கொடைவாய்க்குமுள்ள மின்னழுத்தத்தைக் காட்டிலும் 1000 மடங்கு பெரிதாயிருக்கும். 10,000 ஓம்கள் வரிசையிலுள்ள ஓர் உயர் மின்தடையை ஏற்புவாய் அடிப்பகுதிச் சுற்றில் தொடர்நிலையில் ஒரு சுமையாகச் சேர்த்து இந்த மின்னழுத்தப் பெருக்கத்தைப் பெறலாம். கொடைவாய்ச் சுற்றில் புகுத்தப்படும் சைகையால் உண்டாக்கப்படும் மாறுகின்ற ஏற்புவாய் மின்னோட்டம் இச் சுமையின் குறுக்கே மிகவும் பெரிய வெளிப்பாட்டு மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்கும். வெளிப்பாட்டு மின்னழுத்தம் உள்ளீட்டு மின்னழுத்தத்தைவிடப் பெரிதாக இருப்பதால் (ஆனால் உள்ளீட்டு மின்னோட்டமும் வெளிப்பாட்டு மின்னோட்டமும் கிட்டத்தட்ட சமம்), வெளிப்பாட்டுத் திறன் உள்ளிடும் திறனைவிட அதிகமாக இருக்குமென்பது வெளிப்படை. இரு சுற்றுகளின் மின்தடைகளும் அல்லது மின்தடுப்புகளும் 0·1 வோல்ட்டில் 10 மைக்ரோ ஆம்பியர் எனுமளவு குறைந்த கொடைவாய் மின்னோட்டத்தில் 50 டெசிபெல்கள் (decibels) எனுமளவு உயர்ந்த திறன் ஆதாயத்தைக் (power gains) கொடுக்கக்கூடிய வகையில் இருக்கவேண்டும்.

மின்னோட்டப் பெருக்கம் α ஆனது ஏற்புவாய் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல் (dI_c)-க்கும் அம் மாற்றத்தையுண்டாக்கும் கொடைவாய் மின்னோட்ட மாறுதல் (dI_e)-க்கும் உள்ள விகிதமே என வரையறுக்கலாம். சந்திப்பு வகை டிரான்சிஸ்டர்களுக்கு முன்னமே கூறியதுபோல இது 0·95-லிருந்து 0·99 வரை எனும் வரிசையிலுள்ளது. படம் 89-ல் காட்டியுள்ளது போன்ற புள்ளியில் தொடும் வகை டிரான்சிஸ்டரில் (p-n-p) α-விற்கு உயர்ந்த மதிப்புகள் கிடைக்கக்கூடும். ஏனெனில், தொடுமிடங்கள்

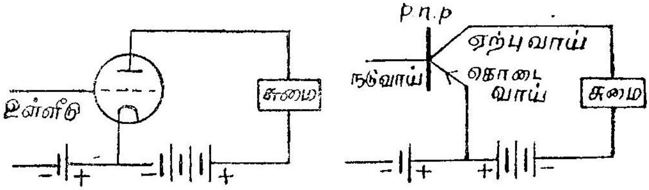


படம் 89. புள்ளியில் தொடும் டிரான்சிஸ்டர்

நெருங்கியிருப்பதால் (ஏறத்தாழ 0·002 அங்குலம்) கொடைவாயால் (E) உட்செலுத்தப்படும் பொந்துகள் ஏற்புவாய்க்கு (C) நேராகக் குறுக்கே பாய்ந்து சென்று அங்கே ஒரு நேர் இடமின்

னேற்றத்தை உண்டுபண்ணுகின்றன. இது எலெக்ட்ரான்களுக்குக் கவர்ச்சிகரமானது. இது எதிர்மின் ஏற்புவாயிலிருந்து அடிப் பகுதிக்கு எலெக்ட்ரான்கள் பாய்வதை அதிகரிக்கிறது. இதன் விளைவாக ஏற்புவாய் மின்னேட்டம் கொடைவாயில் பாயும் மின்னேட்டத்தைக் காட்டிலும் பலமடங்கிருக்கும்; α-க்கு 2 அல்லது 3 எனும் மதிப்புகளை எதிர்பார்க்கவேண்டும்.

ஒரு மும்முனைக்குழாய் பெருக்கியும் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியும் படம் 90-ல் ஒத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளன. காட்டப்பட்டுள்ள *p-n-p* டிரான்சிஸ்டரில் ஏற்புவாய், கொடைவாய் ஆகிய இரண்



படம் 90. மும்முனைக்குழாய் பெருக்கியும் டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியும் ஒப்பிடப்பட்டுள்ளன

டோடும் ஒப்பிட நேர்திறன் வழங்கும் மின்னழுத்தம் நடுவாய்க்குத் தேவைப்படுகிறது. நடுவாயிலுள்ள எதிர் மின்னழுத்த சார் பேற்றம் ஏற்புவாயோடு ஒப்புநோக்கக் குறைவானது. *n-p-n* டிரான்சிஸ்டருக்கு இந்த மின்னழுத்தங்களின் முனைகள் தலைகீழாக மாற்றப்பட வேண்டும். டிரான்சிஸ்டரின் உள்ளீட்டு மின்தடுப்பு ஏறத்தாழ 600 ஓம்களே. இதனை மின்குழாயின் 1 மெக் ஓமுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கவும். டிரான்சிஸ்டரின் வெளிப்பாட்டு ஏற்பு வாய் மின்தடுப்பு உயர்ந்தது.

டிரான்சிஸ்டர்களில் ஊர்தி மின்னேட்டத்தைப் பண்பேற்று வதற்காகச் சிறிதே கடத்திக்குள் உட்செலுத்தப்படும் ஊர்தியைப் பண்பேற்றுவதற்குச் சைகை ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது என்ப தனைக் கவனிக்கவேண்டும். எனவே, டிரான்சிஸ்டரில் கையாளப் படும் சைகைத் தோற்றுவாய் மின்னேட்டத்தைக் கொடுக்க வேண்டும்; டிரான்சிஸ்டரானது மின்னேட்டம் உந்தப்படும் தாழ் மின்தடுப்புச் சாதனமாகும். இதில் டிரான்சிஸ்டர் வெப்ப மின் துகள் மின்குழாயிலிருந்து அடிப்படையளவிலேயே மாறுபட்டிருக் கிறது. வெப்ப மின்குழாயானது மின்னழுத்தம் உந்தப்படும் உயர் மின்தடுப்புச் சாதனம்; இங்கே எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் சைகை மின்னழுத்தத்தால் நிலைமின் முறையில் பண்பேற்றப்படுகிறது. அதனால் சைகை மின்னேட்டம் ஏதும் தேவையில்லை.

டிரான்சிஸ்டர்களுக்கு மூன்று அடிப்படைச் சுற்றுகளைப் பயன் பயன்படுத்தலாம் என்பதனையும் குறிப்பிடவேண்டும் :

(1) பொது-நடுவாய் (அல்லது தரையிடப்பட்ட நடுவாய்ச்) சுற்று. இது மின்குழாயின் தரையிடப்பட்ட இடைவாய்ச் சுற்றுக்குச் சரி நேர் பகுதியாகும்.

(2) பொது-கொடைவாய்ச் சுற்று. இது தரையிடப்பட்ட எதிர்மின் வாய்க்கு இயைந்தது.

(3) பொது-ஏற்புவாய்ச் சுற்று. இது தரையிடப்பட்ட தகட்டுச் சுற்றுக்கு இயைந்தது.

ஒத்த மின்குழாய்ச் சுற்றுகளிலுள்ளதுபோல் மூன்று அடிப் படைச் சுற்றுகளும் தற்சிறப்புகளில் வேறுபடுகின்றன. மின் குழாய்களில் ஏற்படுவதுபோல் இங்கும் பொது-கொடைவாய்ச் சுற்றுதான் மிகவும் அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகிறது. மின்குழாய் கொண்டு பல்நிலைப் பெருக்கம் பெறுவதுபோல் இங்கும் மின் தடை-மின்னேற்பி அல்லது மின்மாற்றிப் பிணைப்பினைக் கையாண்டு பல்நிலைப் பெருக்கத்தை அடையலாம். மின்தடை-மின்னேற்பிப் பிணைப்பு கையடக்கமானது, இலேசானது, விலை குறைந்தது. மின்மாற்றிப் பிணைப்பில் உயர்ந்த ஆதாயம், குறைந்த இழுப்பு, தாழ்ந்த ஒருதிசை மின்னழுத்த ஊற்றுவாய், வேலைசெய்யும் நிலையின் நிலைத்த தன்மை போன்ற நன்மைகள் உள்ளன. ஆனால், அதன் அளவு பெரிதாக இருக்கும், கனமாக இருக்கும், விலை யுயர்ந்தது. இருவகைப் பிணைப்புகளும் நடைமுறையில் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. மின்குழாய்ப் பெருக்கிகளில் பயன்படுவது போல் டிரான்சிஸ்டரின் செவியுறு அலைவெண் பெருக்கிகளாகிய வெளிப்பாட்டு நிலைகளில் தள்ளு-இழு சுற்றுகள் அடிக்கடி பயன் படுகின்றன.

இவ்வாறாக மின்குழாய்களைக் கொண்டு செய்யும் எல்லா வேலைகளையும் டிரான்சிஸ்டர்களைக் கொண்டும் செய்யலாம். குறிப்பாக செவியுறு அலைவெண்களில் டிரான்சிஸ்டரில் பல நடை முறை நன்மைகள் உள்ளன. இவற்றால் மின்குழாய்கட்குப் பதில் இவை பலவிடத்தும் பயன்படுத்தப்பெறும். அவற்றின் அளவு சிறிதாயிருத்தல், இலேசான எடை, நீண்ட வாழ்வு, உறுதியான தன்மை ஆகியவை அவற்றின் முக்கியமான நன்மைகள்; தாழ்ந்த திறனே தேவைப்படுவதால் மின்கல அடுக்கு கொண்டு இயக்க முடிகிறது. அதனால் சிக்கனமானதாகிறது. உகந்த நிலைகளில் ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பல ஆண்டுகள் தொடர்ச்சியாக உழைக்குமென

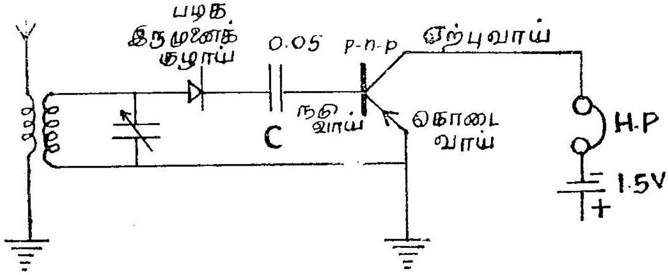
சோதனைகள் காட்டுகின்றன. மின்குழாய்களைப் போலல்லாமல் டிரான்சிஸ்டர்கள் எந்திர அதிர்ச்சிகளாலும் அதிர்வுகளாலும் எளிதில் சேதமடைவதில்லை. டிரான்சிஸ்டரில் சூடாக்கப்பட வேண்டிய இழை ஏதுமில்லை. இது வேலை செய்யும் மின்னழுத்தங்களும் மின்னோட்டங்களும் மின்குழாய்களிலுள்ளதைவிடக் கணிசமான அளவு தாழ்ந்தவை. இதனால் இது வேலை செய்யும்போது உண்டாகும் வெப்பம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு சிறியது. மேலும், சூடாக்கப்படுவதற்கென்று நேரம் ஏதும் இங்குத் தேவைப் படுவதில்லை. டிரான்சிஸ்டரானது மின்னழுத்தம் கொடுக்கப் பட்டதும் உடனடியாக வேலைசெய்ய ஆரம்பிக்கிறது.

அவற்றில் சில குறைபாடுகளும் இருக்கத்தாம் செய்கின்றன. காட்டாக, டிரான்சிஸ்டரின் இரைச்சல் மட்டம் மின்குழாயினுடையதைவிட உயர்ந்தது; பெருக்கும் நிலைகள் அதிகரிக்க அதிகரிக்க இதுவும் உயருகிறது. அலைவெண் எதிரளிப்பு மின்குழாய்களினுடையதைவிடக் குறைவு. டிரான்சிஸ்டர்கள் வெப்ப நிலைக்கு மிகுந்த உணர்ச்சியுடையன; 50°C-க்கு மேற்பட்ட வெப்ப நிலைகளில் பெருக்கம் குறைந்து இரைச்சல் அதிகரிக்க அவற்றின் பயனுறுதிறன் கணிசமான அளவு குறைக்கப்படுகிறது. ஆதாயத்தின் முனைக்கோடி மாறுதல்களைத் தடுப்பதற்கும் டிரான்சிஸ்டர்கள் ஒன்றுக்குப் பதில் மற்றொன்றைப் போட்டுக்கொள்ளத் தக்கவகையில் இருக்கச்செய்வதற்குமேற்பச் சுற்று கவனமாகத் திட்டமிடப்படவேண்டும்.

செவியுறு அலைவெண்களில் அனேகமாகச் சந்திப்பு டிரான்சிஸ்டர்களே பயன்படுகின்றன. புள்ளியில் தொடும் வகையோடு ஒப்பிடச் சந்திப்பு டிரான்சிஸ்டர்கள் உயர்ந்த ஆதாயமுடையன, சிறந்த பயனுறுதிறன் பெற்றவை, குறைந்த திரிபும், உயர்ந்த நிலைத்த தன்மையும், குறைந்த இரைச்சலுமுடையவை. ரேடியோ அலைவெண்களில் உயர் அலைவெண்ணுக்கு அவ்வளவு நல்ல செயல் திறமில்லாததாகிய குறைபாடு செவியுறு அலைவெண்களில் ஓர் இடையூறாக இருப்பதில்லை.

எளிய டிரான்சிஸ்டர் ஏற்பி: படிக இருமுனைக்குழாய் கண்டு பகுப்பான், p-n-p டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி, காதுக்குழல்கள் ஆகியவை கையாளப்படும் ஓர் ஏற்பியின் படம் 91-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்னேற்பி C ஆனது ரேடியோ அலைவெண்ணிற்கு அவ்வளவாக மின்தடுப்புப் பெற்றிருக்கவில்லை. ஆனால், செவியுறு அலைவெண்ணிற்குக் கணிசமான மின்தடுப்புக் கொடுக்கும். அதன் மின்னேற்றம் பண்பேற்ற உறைக்கேற்ப மாறுகிறது, டிரான்சிஸ்டரின் சார்பேற்றத்தை மாற்றுகிறது, காதுக்குழல்கட்கு (H. P.) பாயும்

கட்டுப்படுத்தும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. இரு முனைக் குழாயின் முனைகள் நடுவாயின் மின்னழுத்தம் எப்போதும்



படம் 91. எளிய டிரான்சிஸ்டர் ஏற்பி

கொடைவாயோடு ஒப்பிட எதிர்மின்னுடையதாக இருக்கும் வகையிலேயே மின்னழுத்தம் பெற்றிருக்கும்.

கலக்கிப் பிரிக்கும் டிரான்சிஸ்டர் ஏற்பி : கையடக்கமானவை எனும் ரீதியில் முழுக்க முழுக்க டிரான்சிஸ்டர்களாலேயே ஆன கலக்கிப் பிரிக்கும் ரேடியோக்களின் எல்லாவற்றையும் உள்ளிட்ட அளவு மிகச் சிறியது. ஆனுல், ஒலிப்பானில் முழு முழக்கமும் கொடுக்கும். இவை கடைகளில் விற்பனையாகின்றன. அத்தகைய ஒரு ரேடியோவின் சிறப்பான அம்சங்களை இங்கே சுருக்கமாக விவரிப்போம்.

வான் கம்பியானது ஏறத்தாழ 8 அங்குல நீளமுடைய இசைவிக்கக்கூடிய ஒரு சுருளால் ஆனது. இது ஒரு மாறு மின்னேற்பியால் நாம் விரும்பும் ஊர்தி அலைவெண்ணிற்கு ஒத்ததிர்வடையும்படி செய்யப்படுகிறது. வான்கம்பிச் சுருள் ஓர் இரும்புக் கம்பியை (ferrite rod) உடையது. இக் கம்பி உயர்ந்த காந்த ஊடுருவுந் திறனுடையது. இத் திறன் மின் பொருண்மையை அதிகரிக்கச் செய்கிறது. எனவே, சில சுற்றுகளையே கொண்டு பரப்பப்படும் அலைவெண்களுக்கு ஒத்ததிருமாறு செய்யலாம். கையடக்கமான ஏற்பிகளில் இரும்பு அல்லது இரும்புப்பொடி உள்ளகக் கம்பி வான்கம்பிகள், ஏற்பி இருக்குமிடத்தில் கிடைக்கக் கூடிய முழு நீளத்தையும் பயன்படுத்திக்கொண்டு முடிந்த அளவு அதிகமான ரேடியோ அலைவெண் புலத்தை வெட்டும்படி நீளமாகச் செய்யப்படுகின்றன.

முதல் *n-p-n* வகை டிரான்சிஸ்டர் கலக்கிப் பிரிக்கும் தல அலைப்பான், முதல் கண்டுபகுப்பான் ஆகியவற்றின் வேலைகளைச் செய்கிறது. அலைப்பான் சுற்றுனது ‘தரையிடப்பட்ட நடுவாய்’

வகையைச் சேர்ந்தது. ஏற்புவாயிலிருந்து கொடைவாய்க்கு ஓர் அலைவுகள் மின்மாற்றி வழியாகத் திறனைப் பின்னூட்டுவித்த லால் அலைவுகள் உண்டாக்கப்படுகின்றன; கொடைவாயிலிருந்து ஏற்புவாய்க்கு மின்னோட்ட ஊர்திகள் செல்வதில் காலதாமதம் ஏற்படுவதைத் திருத்தவும், விரும்பத்தகாத அதிர்வு நிலைத் தொடர்புகள் உண்டாவதனைத் தடுக்கவும், தகுந்த ஒரு மின்னேற்பி நடுவாய்-தரைச் சுற்றில் சேர்க்கப்படுகிறது. வான்கம்பி மின்னழுத்தம் முதல் கண்டுபகுப்பானின் நடுவாய்க்குக் கொடுக்கப் படுகிறது. இந்த அலைப்பான் முதல் கண்டுபகுப்பானின் வெளிப் பாடு இடைநிலை அலைவெண் (455 கி.சு.) ஆக இருக்கும்.

மூன்று *n-p-n* டிரான்சிஸ்டர்களைக் கையாண்டு மூன்று நிலை களில் பெருக்கம் ஏற்படுகிறது. ஒவ்வொரு நிலையிலும் ஏறத்தாழ 10 என மொத்தத்தில் 1000 பெருக்கமேற்படுகிறது. பல நிலை களையும் பிணைக்கப் பயன்படும் இடைநிலை அலைவெண் மின்மாற்றி கள் மிக உயர்வாக இசைவிக்கப்பட்ட முதனிலைச் சுருள்களை யுடையன. இச் சுருள்கள் ஏறத்தாழ 10,000 ஓம் வெளிப்பாட்டு மின்தடுப்புள்ள டிரான்சிஸ்டர் சுமைக்கு ஏற்பச் சரியாக வடித் தெடுக்கப்படுகின்றன. அவற்றின் துணைச்சுருள்கள் இசைவிப்பு அறுக்கப்படுகின்றன. அவை அடுத்துவரும் நிலையின் உள்ளீட்டு மின்தடுப்பு 500 ஓமுடன் பொருத்தமாக இருக்கச் செய்யப்படு கின்றன. முதல் இடைநிலை அலைவெண் பெருக்கியின் நடுவாய்க்குத் தானியங்கு முழக்க ஆட்சி பயன்படுத்தப்படுகிறது. கட்டுப் படுத்தும் மின்னழுத்தம் எதிர்மின்னாகும். இது ஏற்புவாய் மின் னோட்டத்தைக் குறைக்கிறது; அதற்கேற்ப ஆதாயத்தையும் குறைக்கிறது. 12 வோல்ட் மின்கல அடுக்குப் பயன்படுத்தப்படு கிறது. இதுவே, சரியான வடித்தெடுத்தலால் நடுவாய்ச் சார் பேற்றத்தையும் வழங்குகிறது.

கண்டுபகுத்தல் : இரண்டாவது கண்டுபகுப்பான் ஒரு புள்ளி யில் தொடும் வகை படிக இருமுனைக் குழாயாகும்.

செவியுறு அலைவெண் பெருக்கம் இருநிலைகளில் எய்தப் பெறுகிறது. முதல் நிலை ஒரு *n-p-n* டிரான்சிஸ்டரைக் கையாளு கிறது. இந்தச் செவியுறு அலைவெண் பெருக்கியின் ஏற்புவாயினது வெளிப்பாடு நிலைகளிடை மின்மாற்றிக்குச் செல்கிறது. இம் மின் மாற்றி செவியுறு நிலையை 25,000 ஓம்களுக்குச் சுமையேற்றும்படி திட்டமிட்டமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இரண்டாவதும், வெளிப்பாட்டு நிலையுமான நிலை தள்ளு-இழு அமைப்பு முறையில் பொதுவான கொடைவாய்களுடன் கூடிய இரு *p-n-p* டிரான்சிஸ்டர்களைப் பயன்படுத்துகிறது. இது இரும்பு வான்கம்பியினைக் கிளர்ச்சியுறச் செய்ய ஒரு மீட்டருக்கு 475 மைக்ரோ வோல்ட்டுகள் எனுமளவில் 1000 கி.சு. ஊர்திப் புலச் செறிவு கிடைக்கும்போது, இது 52 மில்லி வாட் வெளிப்பாட்டுத் திறனைக் கொடுக்கிறது. இந்த நிலையின் வெளிப்பாடு ஒரு வெளிப்பாட்டு மின்மாற்றி வழியாக ஓர் ஒலிப்பானை இயக்குகிறது.

ஏற்பிக்குத் திறன் வழங்க ஒரு தனி 12 வோல்ட் மின்கல அடுக்கு மட்டிலுமே போதுமானது.

மேக்னட்ரானும் ராடார் நுணுக்கமும்

ராடார் என்பது ரேடியோ அலைகளால் பொருள்களின் இடங் காணல் எனப் பொருள்படும் 'radio detection and ranging' என்பதன் சுருக்கிப் பெயராகும். ஒரு பொருள் வெகு தொலைவிலிருப்பதாலோ அல்லது முன் குறிப்பிட்டதுபோல (பக்கம் 242 பார்க்க) இருள், மேகம், மூடுபனி (fog) போன்றவற்றினாலோ கண்ணுக்குப் புலப்படாமலிருந்தாலும் ரேடியோ அலைகளைக் கொண்டு அதன் இருப்பிடத்தைக் கண்டுபிடித்தல் என இதனை வரையறுக்கலாம்.

தத்துவம் : ராடார் என்பதனைப் பகுத்துப் பார்த்தால் அது ஒலி அலைகளுக்குப் பதில் ரேடியோ அலைகளைப் பயன்படுத்தும் ஒருவகை எதிரொலி அளவியாகும் (echometer). எனவே, எதிரொலிகளைக் கொண்டு பொருளின் இடம் காணும் முறையிலிருந்தே இதன் அடிப்படைத் தத்துவத்தை நன்கு புரிந்து கொள்ளலாம். நாம் கைதட்டி எழுப்பும் ஒலியானது தொலைவிலுள்ள குன்றின் மேற்பரப்பினால் எதிரொலியாகத் திரும்புவதை அறிவோம். கைதட்டும் மனிதனுக்கும் பாறைக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தை, கைதட்டலுக்கும் எதிரொலியைக் கேட்டலுக்கும் இடைப்பட்ட நேரத்தைக் கணக்கிட்டு எளிதாக அளந்துவிடலாம். கைதட்டல் வலிமையாக இருந்தால் எதிரொலியும் இதற்கேற்ப வலிமையாக இருக்கும். தொடர்ந்து கைதட்டிக் கொண்டேயிருந்தால், வலுக்குறைந்த எதிரொலியானது தலத்திலே நிலை பெற்றிருக்கும் உரத்த ஒலி காரணமாகக் கேட்காமல் போய் விடலாம். செங்குத்தான பாறைகள் பல இருந்தால் அவை ஒவ்வொன்றும் ஓர் எதிரொலியினை அனுப்பும்; அதனால் அவற்றுள் ஒன்றிலிருந்து வரும் எதிரொலியைப் பிரித்துணர முடியாது.

இவையே ஒலி அமைப்பைக்கொண்டு பொருள்களின் இடம் காணும் முறையிலுள்ள முதன்மையான குறைபாடுகளாகும். மிக உரத்த, மிகக் குறுகிய காலமேயுள்ள ஒரு கைதட்டொலியை யுண்டாக்கித் திரும்பி வரும் எதிரொலிக்குப் போதுமான நேரம் கொடுப்பதனுல் ஒரு குறிப்பிட்ட பாறையின் தூரத்தைக் கணக்கிடலாம். ஏனெனில், கைதட்டொலி எவ்வளவுக்கெவ்வளவு உரத்திருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு எதிரொலியும் உரத்திருக்கும். மேலும், கைதட்டொலி மிகக் குறுகியதாக இருந்தால் அருகருகேயுள்ள இடங்களிலிருந்து புறப்படும் எதிரொலிகள் மீதூர்தலும் (overlapping) குறைவாக இருக்கும்.

ராடாரின் செயல்முறை இதை யொத்த தத்துவத்தின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ளது. மிகுந்த திறன் வாய்ந்த, மிகச் சுருக்கமான மின்காந்தத் துடிப்புகள் வெளியே அனுப்பப்படுகின்றன—மிகுந்த திறன் வாய்ந்தவை என்ருல், பல நூறு கிலோ வாட் உடையது என்றும், மிகச் சுருக்கமானதென்ருல், பல மில்லியனில் ஒரு பங்கு விஞடி காலக்கூறுடையதெனவும் பொருளாகும். இத்தகைய துடிப்புகளைத் திறன்மிக்க, மீஉயர்ந்த அதிர்வெண் அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும் ஆற்றல் வாய்ந்த, தனியாகத் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்ட மின்குழாய்களைக் கொண்டு உண்டாக்கலாம். இத் துடிப்புகள் சற்றும் பிசகாமல் சமகால இடைவெளிகளில் அனுப்பப்பட வேண்டும். நீண்டதூர அளவீடுகளுக்கு இந்தக் கால இடைவெளி 1/25 விஞடியும், குறைந்த தூரங்களுக்கு 1/5000 விஞடியும் இருக்கலாம். தகுந்த ஒரு பரப்பியைக்கொண்டு இது செய்து முடிக்கப்பெறுகிறது. அப் பரப்பி ஒரு மைக்ரோ விஞடி (micro second) நேரம் பணி செய்துவிட்டு ஒப்பீட்டில் நீண்ட 1/25 விஞடி அல்லது 40,000 மைக்ரோ விஞடிகள் செயலற்று நிற்கிறது. இத் துடிப்புகள் அவை அதிர்வெண் பண்பேற்றம் பெற்றதா அல்லது வீச்சுப் பண்பேற்றம் பெற்றதா எனும் அடிப்படையில் இனம் பிரிக்கப்படுகின்றன. ஆராய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் பொருள் ராடாருடன் ஒத்துழைக்க வேண்டியதில்லை. அது துடிப்புகளைத் திருப்பமடையச் செய்யக்கூடியதாக இருந்தால் போதுமானது. மின்காந்த அலைகளின் மிக உயர்ந்த வேகத்தின் காரணமாக (ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமம்) ரேடியோத் துடிப்புகளின் எதிரொலியை இசைவித்தலை ஒலி எதிரொலிகளில் உள்ளதைப் போலல்லாமல் ஒரு விஞடியின் மில்லியனில் ஒரு பகுதி நேரத்தில் செய்யவேண்டும். துடிப்பு எதிரொலிகளைப் பதிவு செய்ய அமைக்கப்பட்டுள்ள ஏற்பியில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள எதிர்முனைக் கதிர் ஆசிலோகிராஃபினுல் இவ்வளவு குறுகிய கால இடைவெளிகளை உடனடியாக அளக்க முடிகிறது. எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாயின் கிடையாக ஒதுக்கும் தகடுகளுக்கு (horizontal deflecting plates)

நாம் விரும்பும் அளவு மைக்ரோ விநாடிகளுடைய ஒரு கால அடிவரை (time base) கொடுக்கப்படுகிறது. அதே நேரத்தில் துடிப்பின் எதிரொலிகள் ரேடியோ ஏற்பியின் வழியாக நிலைக்குத்தாக ஒதுக்கும் தகடுகளுக்கு (vertical deflecting plates) ஊட்டுவிக்கப்படுகின்றன. குழாயின் ஒளிரும் சுவரின்மீது தனி வகை வலைகோடுகள் ஏற்கப்படும் எதிரொளிக் கியைந்த 'V' வடிவ பிப் (pip) களுடன் வரையப்படுகின்றன. இந்த V வடிவப் பிப் களிலிருந்து எதிரொலிகளை அனுப்பும் பொருளின் தூரம், திசை போன்றவற்றைப் பொறுத்தமட்டில் திருத்தமாக இடங் காண முடியும்.

ராடாரின் இன்றியமையாத கூறுகள்: ராடார் தளவாடத்தின் இன்றியமையாத பகுதிகளாவன:

(அ) குற்றலை பரப்பி (Short wave transmitter): இது ஒரு பண்பேற்றியினால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிற மிக உயர்ந்த அலைவெண் அலைப்பான். இது, மிகக்குறுகிய கால நீட்சியுடைய, உயர்ந்த திறனுடைய ரேடியோ அலைகளைத் தோற்றுவிக்கிறது. பல ராடார் தளவாடங்கள் 300-லிருந்து 10,000 மெகா சைக்கிள்கள் வரையுள்ள அதிர்வெண்களைப் பயன்படுத்தினாலும் இந்த அலை களின் வீச்சு 100-லிருந்து 30,000 மெகா சைக்கிள்கள்வரை இருக் கும். பரப்பியின் உச்சத் திறனானது (peak power), சில ராடார்த் தளவாடங்கள் 1000 கிலோ வாட் எனும் அளவு உயர்ந்த திறனைப் பயன்படுத்தினாலும், 10-லிருந்து 200 கிலோ வாட்டுகளுக்குள் இருக்கிறது. உச்சத் திறன் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு தளவாடத்தின் நெடுக்கம் அதிகமாக இருக்கும். பயன்படுத்தப்படும் துடிப்புகளின் கால நீட்சி (duration) 0·1-லிருந்து 30 மைக்ரோ விநாடிகள்வரை இருக்கும். அ-து., ஒரு விநாடியில் 350-லிருந்து 10,000 துடிப்புகள் வரை வெளியனுப்பப்படுகின்றன.

(ஆ) வான்கம்பி (Aerial): இது உயர்ந்த திசைப்பண்புடையது; ரேடியோ அலைகளை விரும்பும் எந்தத் திசையிலும் அனுப்பக்கூடும். இது ஒரு மின் மோட்டாரினால் (electric motor) சுழற்றப்படுகிறது. இதனால் இது 360° உடைய ஒரு முழுச் சுழற்சியில் துடிப்புகளைப் பரப்பவும், திருப்பமடைந்து வரும் துடிப்புகளை ஏற்கவும் செய் கிறது. இந்த முறை துருவுதல் (scanning) எனப்படும். பெரும் பான்மையான ராடார்த் தளவாடங்களில் பரப்புவதற்கும் ஏற் பதற்கும் ஒரே வான்கம்பி பயன்படுத்தப்படுகிறது. அத்தகைய வான்கம்பியைப் பயன்படுத்துங்கால் பரப்பியானது துடிப்புகளை வெளியனுப்பும்போது ஏற்பியை அதிலிருந்து தனியாகத் துண்டித்து

விடவேண்டும்; பரப்பப்படும் துடிப்புகளுக்கிடைப்பட்ட நேரத்தில் பரப்பியில் இணைப்பை வெட்டிவிட வேண்டும். இதனை இருவழி இயக்கி (duplexer) எனப்படும் சாதனம் செய்கிறது.

(இ) கலக்கிப் பிரிக்கும் வகையைச் சேர்ந்த குற்றலை ரேடியோ ஏற்பி : இது முடிந்த அளவு குறைந்த இரைச்சல் அளவினை யுடையதாக இருக்கவேண்டும். இரைச்சல் இருந்தால் ஏற்பியின் செயலெல்லையின் (coverage) வீச்சு ஒரு வரம்பிற்குட்படுத்தப் படுவதால் இது மிகவும் முக்கியமானதாகும். ஏற்பியின் வெளிப் பாடு ஓர் எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயின் நிலைக்குத்தாக ஒதுக்கும் தகடுகட்கு ஊட்டுவிக்கப்படுகிறது. பரப்பப்படும் துடிப்புகளுடன் நிகழ்வொருமை (synchronise) செய்யப்பட்ட ஒரு கால அடி வரை கிடையாக ஒதுக்கும் தட்டுகட்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. அடுத்தடுத்துள்ள பிப்களுக்கிடையேயுள்ள தூரத்தை அறிந்து ராடார் நிலையத்திலிருந்து இலக்கின் (target) தூரத்தை உடனடி யாகக் கண்டுபிடிக்கலாம். ஒரு மைக்ரோ விநாடி நேரத்தில் ரேடியோ அலைகள் 934 அடி செல்லும் என ஒளியின் வேகத் திலிருந்து கணக்கிட்டறியப்பட்டுள்ளது. எனவே, இலக்கின் தூரத்தை நேரடியாகக் கண்டுகொள்ளும் வகையில் ஒளிர்திரை யின் மீதுள்ள கிடைக்கோடு அளவுக் குறியீடு செய்யப்பட்டுள்ளது. சில குழாய்களில் அன்டென்ா எந்தத் திசை நோக்கி உள்ளது என்பதனையும் காட்டும். இதனால் இலக்கின் திசையையும் உறுதி செய்ய முடிகிறது.

ராடார் அமைப்புகளின் வருணனை : ராடார், போர்க்கப்பல் களையும் விமானங்களையும் வழிகாட்டிச் செலுத்தும் ஆற்றல் வாய்ந்தது. துப்பாக்கிகளைச் சுடக்கூடியது; குண்டு வீசுவதற்காக இலக்குகளை மிக நுட்பமாகக் குறிபார்க்கக்கூடியது; பகைவர் விமானங்கள், கப்பல்கள், கோட்டை கொத்தளங்களை அழிக்க உதவுவது. இவ்வளவு திறன் வாய்ந்ததனால் போரில் தாக்குதல் நடத்துவதற்கோ அல்லது தற்காத்துக் கொள்வதற்கோ ஏற்ற வலிமை வாய்ந்த ஓர் ஆயுதமாக இரண்டாவது உலகப்போரின் போது (1939–45) முதன்முதலாக மிகத் தீவிரமாகவும் பெரு மளவிலும் ராடார் வளர்க்கப்பட்டது. இத்தகைய பலதிறப் பட்ட பயன்களே பல வகையான ராடார் அமைப்புகளைத் தோற்றுவிப்பதற்கு உதவின. இது இந் நுணுக்க வளர்ச்சியையும் குறிக்கிறது.

செயின் ஹோம் அமைப்பு (C.H. அல்லது Chain Home system) : இது, நெருங்கி வந்து கொண்டிருக்கின்ற வெடி குண்டு விமானங் களின் வரவைக் கண்டுபிடித்து இடங்காணலுக்காக (location)

முதன்முதலாக 1935-ல் உருவாக்கப்பட்டது. இதில் பயன்படுத்தப்பட்ட அலைநீளம் 10 மீட்டர்கள். பரப்பி, ஏற்பி ஆகிய இரண்டின் வான்கம்பிகளுமே சற்று உயரமாக ஏறத்தாழ 10 மீட்டர்கள் இருந்தன. இத் தளவாடம் 10,000 அடி உயரத்தில் 100 மைல்களுக்கு அப்பால் பறந்து கொண்டிருக்கும் வானவூர்திகளின் நிலையைக் கண்டு உறுதிப்படுத்தும்.

செயின் ஹோம் லோ அமைப்பு (C. H. L. அல்லது Chain Home Low system) : இந்த C. H. அமைப்பானது வானவூர்திகளின் பெருங்கூட்டங்களைத் திருப்தியான முறையில் இடம் கண்டறிந்தது. ஆனால், விமானங்களின் சிறு தொகுதிகளை அதிலும் குறிப்பாகத் தாழ்ந்த உயரங்களில் பறப்பன மிகமிக வலுக்குறைந்த சைகைகளையே திருப்பி அனுப்பினவாதலால் அவற்றின் இடம் காண்பதில் இது வெற்றிபெறவில்லை. எதிரொலியின் வலுவானது வான்கம்பியின் உயரம், பறக்கும் ஊர்தியின் உயரம் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகையின் இருபடிக்கு நேர்விகிதத்திலும், அலைநீளத்தின் இருபடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருப்பதாகக் கண்டறியப்பட்டது. ஆகையால், தாழ் மட்டங்களில் பறக்கும் வானவூர்திகளை அதிகமான தூரங்களிலேயே கண்டறிவதற்கு அலைநீளத்தைக் குறைக்கவேண்டியது அவசியமாகிறது. அலைநீளத்தை இவ்வாறு குறைப்பதால் சிறு வான்கம்பிகளைப் பயன்படுத்த முடிகிறது. இந்த நிபந்தனைகள் 1939-ல் செயின் ஹோம் லோ அமைப்பை உருவாக்க வழிகோலின. இவ்வமைப்பில் 1·5 மீட்டர் நீளமுடைய மீக்குற்றலைகள் (ultra-short waves) பயன்படுத்தப் பெற்றன. சில கெஜமே உள்ள சிறிய வான்கம்பிகள் பயன்படுத்தப் பட்டன; அவை ஒரு நிலைக்குத்தான அச்சில் நிமிடத்திற்கு 6 சுழற்சிகள் எனும் மெதுவான வேகத்தில் சுழற்றப்பட்டன. இதனால் வெளியே அனுப்பப்பட்ட கற்றையின் அகலம் 12-லிருந்து 15° வரம்பிற்குள் இருக்குமாறு செய்யப்பட்டது. இருதிசை இயக்கி (duplexer) ஒன்றின் துணைகொண்டு பரப்புதலுக்கும் ஏற்றலுக்கும் ஒரே வான்கம்பி பயன்படுத்தப்பட்டது. கற்றையின் வேகத்திலேயே கற்றையின் அடி ஒட்டிச் சுழலும் ஆரவகைக் கால அடிவரை (radial time base) ஒன்று எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாய்க்குப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இத்தகைய தளவாடத்தின் அளவு சிறியதானதால் இதனைக் கப்பல்களையும் விமானங்களையும் கண்டு பிடிப்பதற்காக, குறிப்பாக இரவில் ஆய்வுக்காக வரும் விமானங்களில் பொருத்தக்கூடும்.

ஜி. சி. ஐ. அல்லது கிரவுண்ட் கண்ட்ரோல் இன்டர்செப்ஷன் அமைப்பு (The G. C. I. or Ground Control Interception system) : சி.எச்.எல். (CHL) அமைப்பு இரவில் போரிடும் விமானங்களுக்குப்

போதுமானதாக இல்லை. ஏனெனில், இலக்கிலிருந்து ஏறத்தாழ 3 மைல் வீச்சிற்குள்தான் அவை பயன்விளைவுடன் செயலாற்றுகின்றன; மேலும், அந்த வீச்சினை அடைவதற்கு முன்னுல் இரவில் போரிடும் விமானத்தை இலக்கு இருக்கும் சரியான திசைக்குக் கொண்டுவருவதற்கு ஏதேனும் ஒரு சாதனம் தேவைப்படுகிறது. சி. எச். எல். (CHL) அமைப்பில் ரேடியோ நுணுக்கத்தில் மிகவும் புரட்சிகரமான, பலதுறைச் சார்புடைய, நிலவரை படத்தில் இடம் காட்டி (plan position indicator) எனப்படும் சாதனத்தைச் சேர்ப்பதன் வாயிலாக இது நிறைவேற்றப்படுகிறது. இந்தச் சேர்க்கை ஜி. சி. ஐ. (GCI) எனப்படும். நில வரைபடத்தில் இடம் காட்டும் அமைப்பில் (PPI) ஏற்கப்படும் துடிப்புகள் வீச்சு அளவுகோலில் 'பிப்'களை உண்டாக்குவதற்குப் பதிலாக எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாயின் திரையில் அந்த இடத்தை ஒளிபெறச் செய்கின்றன. இந்த வேலைக்காகப் பயன்படுத்தப்படும் தனி வகை எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாய் A-காட்டி (A-scope) எனப்படுகின்றது. இதில் எலெக்ட்ரான் அருவித் (electron stream) திரையின் மையத்திலிருந்து விளிம்பிற்கும், அங்கிருந்து திரும்ப மையத்திற்குமாக வீசிச் செல்கின்றது. எலெக்ட்ரான் கற்றையை மையத்தின்மீது சுழற்றவும் கூடும்; இந்தச் சுழற்சியினை வான்கம்பியின் சுழற்சியுடன் ஒருங்கு நிகழுமாறு செய்யலாம். இத்தகைய ஓர் அமைப்புக் கொண்டு இலக்குக் கண்டுபிடிக்கப்படும்போது திரையில் ஓர் ஒளிமிக்க புள்ளி உண்டாகிறது. திரையின் மையத்திலிருந்து இப் புள்ளியின் தூரமும் திசையும் நிலையத்திலிருந்து இலக்கு இருக்கும் தூரத்திற்கும் திசைக்கும் இயைந்தவை—எனவேதான் இவ்வமைப்பு நில வரைபடத்தில் இடம் காட்டி (PPI) எனப்படுகிறது. ராடார் சாதனத்தைச் சுழற்றும்போது பலவேறு இடங்களிலிருந்து திருப்பமடையும் துடிப்புகள் அவற்றிற்கியைந்த ஒளிமிக்க புள்ளிகளை உண்டாக்குகின்றன. ராடாருக்கு அக்கம் பக்கத்திலுள்ள ஒளிதிருப்பும் மேற்பரப்புகள் யாவற்றின் எல்லைக் கோட்டுக்கு இயைந்த ஒளிமிக்க புள்ளிகளின் முழுவரிசையும் திரையில் தோன்றும்வரையில் இது தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. இவ்வாருக, ஒரு முழு நில வரைபடம் கிடைக்கிறது.

செண்டிமீட்டர் ராடார் (Centimetric radar): மேலே விவரிக்கப்பட்ட அமைப்பில் ஒரு பெரிய குறைபாடுள்ளது. இது சற்று அதிகமாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இருக்கலாம். இக் குறைபாடானது ரேடியோக் கற்றை அகலமாக இருப்பதால் உண்டாகிறது, அதனுல் திரையின் மீது உண்மையில் ஒரு புள்ளி ஏற்படுவதில்லை; ஆனுல், நீட்சியுடைய ஓர் ஒளித்திட்டு உண்டாகிறது. இதனுல் தனியாகத் துண்டிக்கப்பட்டுள்ள பொருள்

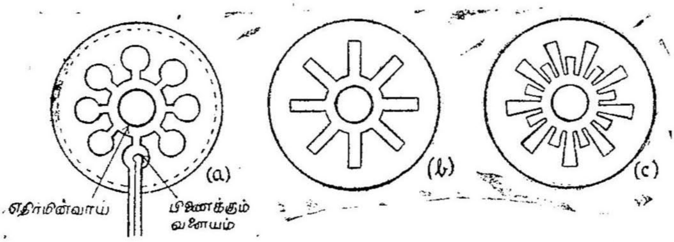
களின் இருப்பிடத்தைத் திருத்தமாகக் காணல், அடுத்தடுத்து மிக நெருங்கியுள்ள பொருள்களைப் பிரித்துக் காணல், எதிர் பாராது திடீரென விளையும் எதிரொலிகளால் ஏற்படும் பொட்டுக் கறைகளின் பின்னணியை நீக்குதல் ஆகியவை மிகக் கடினமாகின்றன. எனவே, எந்த ஒரு கணத்திலும் ஒரு சிறு பகுதியிலுள்ள பொருள்களே எதிரொலிகளைத் திருப்பியனுப்பும் வகையில், ஆராயப்படும் இடப் பரப்பினை ஒவ்வொரு புள்ளியாக முறை தவறாமல் உண்மையிலேயே நுண்ணிய கற்றை ஒன்று துருவுகின்ற ஓரமைப்பின் தேவை நீண்ட காலமாகவே உணரப்பட்டு வந்தது. இந்தச் செயல் முறையைப் போதுமான அளவு விரைவாகத் திரும்பத்திரும்பச் செய்தால் கூர்மையான, விவரமான ஒரு படம் எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாயின் திரையில் கிடைக்கும். இந்தப் படத்தில் திருப்பமடையச் செய்யும் பொருள்களின் இருப்பிடம் தெளிவாகத் தோன்றும். இத்தகைய நுண்ணிய கற்றையினை உண்டாக்குவதற்குப் பல அலைநீளங்கள் அளவு இடையிடம் (aperture) உடைய வான்கம்பிகளும் அலைதிருப்பும் அமைப்புகளும் பயன்படுத்தப்பட வேண்டும். அவ்வாறு செய்யவேண்டின், ரேடியோத் துடிப்புகளின் அலைநீளத்தைப் பத்து சென்டிமீட்டர்களுக்குக் கீழாகக் குறைத்தாலொழிய வானவூர்திகளும் கப்பல்களும் பெரிய அளவினவும், கனமானவையுமான சுமைகளை ஏற்றிச்செல்ல நேரிடும். மேற்கண்டவாறு குறைத்துவிட்டால் வான்கம்பிகளையும், அலைதிருப்பிகளையும் அதற்கேற்ப அளவிலும் கனத்திலும் நடைமுறை எல்லைகட்குள் சிறிதாக்கலாம். சென்டிமீட்டர் அலைநீளங்களைப் பயன்படுத்துவதற்கு துடிப்புகள் உயர்ந்த திறனுடையனவாகவும், ஏற்பி உயர்ந்த உணர்திறமுடையதாகவும் இருக்க வேண்டியுள்ளது. பேராசிரியர் ஓலிஃபன்ட் (Prof. Oliphant) தலைமையில் ஆங்கிலேய விஞ்ஞானிகளின் குழு ஒன்று இப் பிரச்சினையை வெற்றிகரமாகத் தீர்த்தது. டாக்டர் டி. ஜே. ரன்டால் புதிய ராடார் மாக்னட்ரான் மின்குழாயினை (Radar magnetron valve) உருவாக்கினர். இது, சென்டிமீட்டர் அலைநீளங்களில் இதுவரை அடைந்த எந்த அளவையும் காட்டிலும் அதிகமான திறனை அவ்வளவாகச் செயல்திறமில்லாத மாக்னட்ரானில் ஒத்ததிர்வுப் பொந்து நுணுக்கத்தினைப் (Resonant cavity technique) பயன்படுத்தித் தோற்றுவிக்கிறது.

மாக்னட்ரான் (Magnetron): இது ஓர் இருமுனைக் குழாயாகும். இதில் நிலைக்குத்தான ஓர் இழையும் அதனைச் சுற்றி அதையே அச்சாகக் கொண்டுள்ள உருளை வடிவான ஒரு நேர்மின்வாயும் உள்ளன. இந்த நேர்மின்வாய்க்கு உருளையின் அச்சிற்கு இணையான திசையில் ஒரே சீரான ஒரு காந்தப்புலம் கொடுக்கப்படுகிறது. இப் புலம் இழைக்கு இணையான திசையில் இருப்பதால்

இழைக்கும் நேர்மின் வாய்க்கும் இடையேயுள்ள மின்புலத்திற்குச் செங்குத்தான திசையில் இருக்கிறது. 1921-ல் ஏ. டபிள்யூ. ஹல் (A. W. Hull) என்பவர் பழைய வகை மாக்னட்ரானை முதன்முதல் செய்தார். ஆனால், ஓகேப் (Okabe) என்பவர் 1924-ல் இதனை மேலும் செம்மைப்படுத்திப் பிளந்த நேர்மின்வாய் உருவத்தில் செய்தார். மின்புலம், காந்தப்புலம் ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்த ஆட்சியினால் எலெக்ட்ரான்கள் இழைக்கும் நேர்மின் வாய்க்கும் இடையில் வட்டமான பாதைகளில் மிக விரைவாகச் செல்லுகின்றன; இதனால் விநாடிக்கு 3000 மெகா சுழற்சிகள் (10 செ.மீ. அலைநீளம்) எனும் அளவில் உயர்ந்த அலைவெண் அலைவுகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன; உண்மையான திட்ட அமைப்பில் நேர்மின்வாய் இருபாதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு தள்ளு இழு முறையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. புறவாய்ச் சுற்று LC ஒத்ததிர்வுக் கம்பி (LC resonant line) உருவில் உள்ளது. இதன் நீளம் அரைஅலை நீளம் இருக்குமாறு சரிசெய்யப்பட்டுள்ளது. பிளந்த நேர்மின்வாய்க்கு ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாட்டினைக் கொடுக்கும் போது மின்குழாயானது அது ஓர் எதிர்மின் தடையைப் (negative resistance) பெற்றிருப்பதுபோன்று செயல்பட்டு டைனட்ரான் (dynatron) அலைவுகள் எனப்படும் உயர் ஆற்றல் அலைவுகள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. ஆனால், இப்போதும் மின்குழாயின் வெளிப்பாட்டுத் திறன் சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கும்.

ஒத்ததிர்வுப் பொந்து மாக்னட்ரான் (Resonance cavity magnetron) : 1940-ல் ராண்டல் (Randall) என்பவர் பிளந்த நேர்மின்வாய் மாக்னட்ரானுடன் ஒத்ததிர்வுப் பொந்து ஒன்றினைச் சேர்த்து மிக உயர்ந்த அளவிற்குத் திறன் எண்ணை (power factor) உயர்த்தினர். இந்த ஒத்ததிர்வுப் பொந்தினை, மிகவும் உயர்ந்த அளவில் கடத்தும் உலோகத்தால் சூழப்பட்டு, மின்காந்த ஆற்றலை உட்செலுத்தவும் வெளியேற்றவும் தகுந்த சாதனம் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஓர் அறை என வரையறை செய்யலாம். நேர்மின் வாயின் இடத்தில் ஆரவகைப் பள்ளங்கள் (radial slots) வெட்டப்பட்டுள்ள கனமான சுவரினையுடைய தாமிர உருளை வைக்கப்படுகிறது. இந்தப் பள்ளங்களும் நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின் வாய்க்கும் இடையேயுள்ள வளைவடிவ இடமும் சேர்ந்து ‘ துளையும் பள்ளமும் ’ ஆன பொந்துகளை (cavities) உருவாக்குகின்றன. ஒவ்வொரு பொந்தும் ஓர் ஒத்ததிர்வுச் சுற்றாக அமைகிறது; அப்போது துளை ஒரு மின் தடுப்பாகவும் (L), பள்ளம் ஒரு மின்னேற்பியாகவும் (C) செயல்படுகின்றன. ஒவ்வொரு பொந்தும் ஓர் ஒத்ததிர்வுச் சுற்றே என உணர்ந்துவிட்டால் அலைவுகளை நிலைநிறுத்துவதனை எளிதாகப் புரிந்து கொள்ளலாம். நேர்மின் வாயின் ஒருதிசை மின்னழுத்தம், காந்தப்புலம் ஆகியவற்றின்

ஆட்சியில் எலெக்ட்ரான்கள் வட்டத்தின் சுற்றளவைச் சார்ந்த ஒரு நேர்வேகக் கூறினைப் (velocity component) பெறுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு சக்கரத்தின் ஆரைகள் (spokes) வடிவில் கொத்துக் கொத்தாகத் தொகுக்கப் பெறுகின்றனவென்றும், இக் கொத்துகள் ஒத்ததிர்வான்களின் இடைவெளிகளில் வேகமாக வீசிச் செல்கின்றன என்றும் பேராசிரியர் ஹார்டீ (Prof. Hortee) காண்பித்தார். எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் ஒத்ததிர்வானுக்கு மாற்றிக் கொடுக்கப்படும் வகையில் ஒத்ததிர்வானின் மின்புலத்தின் வலுவானது சுற்றளவைச் சார்ந்த வேகக்கூறு எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கத்திற்கு எதிரிடையாக இருக்கும் நேரங்களில் எலெக்ட்ரான்கள் அடுத்தடுத்துள்ள இடைவெளிகளுக்கு வருமாறு அவற்றின் அதிர்வுநிலைத் தொடர்புகள் இருக்கவேண்டும். பொந்து மாக்னட்ரான்களின் சிறப்பான மூன்று வகைகள் படம் 92-ல் காட்டப் பெற்றுள்ளன. இவை: (அ) பள்ளம்,



படம் 92. பொந்து மாக்னட்ரானின் மூன்று வகைகள்

துளைவகை (slot and hole type), (ஆ) ஆர இறகு வகை (Radial vane type), (இ) எழு ஞாயிறு வகை (Rising sun type) எனப்படும். ஆற்றலை வெளியேற்றுவதற்குப் பயன்படும் புறவாய் அமைப்பானது பொந்துகளில் ஒன்றினுள் ஒரு வளையமாக வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு கம்பியினால் ஆனது, இது படம் 92(அ)-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு மாக்னட்ரானனது அடுத்தடுத்துள்ள பள்ளங்களுக்கிடையில் 180 மின் டிகிரிகள் (electrical degrees) அதிர்வுநிலை வேறுபாடுடைய பாணியிலேயே [இது π பாணி (π mode) எனப்படும்]. மிக உயர்ந்த பயனுறு திறனுடன் வேலை செய்கிறதெனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டதைத் தொடர்ந்து எழு ஞாயிறு வகை அமைக்கப்பட்டது. இது மிகுந்த பயனுறு திறனுடன் நிலைத்து வேலைசெய்யும். மாக்னட்ரான் வேலை செய்யும் பாணி அதன் சுமை நிலையையும் பொறுத்திருக்கிறது.

பொந்து மாக்னட்ரானல் உண்டாக்கப்படும் மைக்ரோ அலைகள் அலை வழிகாட்டிகளைப் பயன்படுத்திப் பரப்பப்படுகின்றன. அலை வழிகாட்டிகள் செவ்வக அல்லது வட்டக் குழாய்களாகும்

பொது அச்சுடைய கம்பி வடத்தினால் வழிகாட்டிக்கு ஆற்றல் ஊட்டுவிக்கப்படுகிறது. ஏற்றலுக்கும் இதைப் போன்ற ஓர் அலை வழிகாட்டி பொது அச்சுடைய ஒரு கம்பி வடத்துடன் (cable) பயன்படுத்தப்படுகிறது. குறிப்பிட்ட அலைவகைகளைத் தேர்ந்தெடுப்பதற்கு மின்புலத்துடன் ஒரே வழியாகக் கிராதிகள் (Gratings) அமைக்கப்படுகின்றன. அண்மைக் காலத்தில் எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையிலும் சிறப்பான விளைவினைப் பெறுவதற்கு இதன் இருமுனைகளிலும் ஒவ்வோர் ஒத்ததிர்வுப் பொந்துகள் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன.

இங்கிலாந்து ஜி. இ. சி. தயாரித்த ஆஸ்ரம் வகை மேக் 2. (Mag.2) எனும் மாக்னட்ரான் 3 செ.மீ. அலை நீளங்களில் அல்லது 9500 மெகா சுழற்சி வினாடி அலைவெண்ணின் 45 கிலோ வாட் வெளிப்பாட்டினைக் கொடுக்கக்கூடிய துடிப்புகள் இயக்கத்திற்காகத் திட்டமிடப்பட்டது. இதன் நேர்மின்வாய் பதினன்கு வட்டப்பகுதிகளாலான 'பள்ளம், துளை' வகையைச் சேர்ந்தது. மற்ற மாதிரிகளில் வெளிப்பாட்டுத் திறன் மிக உயர்வாக்கப் பட்டுள்ளது (500 கிலோ வாட்); இவற்றின் பயனுறு திறன் 53%-ம் அதற்கு மேலும் உள்ளது; இவை ஏறத்தாழ 30 கிலோ வோல்ட் ஒரு திசை மின்னழுத்தத்திலும், 2000-லிருந்து 3000 காஸ் (gauss) காந்தப் புலங்களிலும் வேலை செய்கின்றன.

டாக்டர் ஆர். டபிள்யு ஸட்டன் (Dr. R. W. Sutton) என்பார் பரப்பியின் ஒத்ததிர்வுப் பொந்து மாக்னட்ரானுக்குப் பொருத்தமான, அதைப்போன்றே புதுமையான 'ஸட்டன் குழாய்' எனப்படும் ஒன்றினைச் செய்தார். இது படிப்படியாக வளர்ந்து பின்னோக்கித் திரும்பிய வேகம் பண்பேற்றப்பட்ட வகையைச் சேர்ந்த தல அலைப்பான் குழாய்களை உருவாக்கியது. அவற்றுள் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒன்று ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான் (reflex klystron) ஆகும். இது கீழே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது.

உயர்ந்த திறனுடைய சென்டிமீட்டர் அலைகளைக் கையாள ஆரம்பித்தது. மிகச் சிறிய வான்கம்பியைப் பயன்படுத்த வழிகோலியது. இச் சிறு வான்கம்பி சிறிய பரகோளத் திருப்பி ஒன்றின் குவியத்தில் (focus) பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இத் திருப்பி ஒரு குறுகிய கற்றையினை முன்னோக்கி வீழ்த்துகிறது. இத் திருப்பியானது முதலில் அதிகரிக்கும் ஆரமுடைய வட்டங்களிலும் பின்னர்க் குறைகின்ற ஆரமுடைய வட்டங்களிலும் சுழற்றப்படுகிறது. இதனால் கற்றையானது ஆகாயத்தில் முதலில் ஒரு சுருள் வட்டம் (spiral) ஒன்றினைப் பின் தொடர்ந்து சென்று பின்னர் அதிலேயே திரும்பிவருகிறது. இந்த அமைப்பினை ஆரவகைக்

கால அடிவரை ஒன்றுடன் பயன்படுத்தினுல் நில வரைபடத்தில் இடங்காட்டியில் ஏரிகளும், நீர்நிலேகளும் மங்கலான நிலப் பின்னணியில் கருப்பாகத் தெரியும் ; அதே நேரத்தில் நகரங்கள் பொலிவுடன் காணப்படும். இது ரேடியோவில் இடங்காணும் தொழில் நுட்பத்தில் பெரிய புரட்சியினை உண்டாக்கியது. சென்டிமீட்டர் அலேகள் மிக விரைவிலேயே இரவில் போரிடும் விமானங்கள், U-படகுகளேத் ● துரத்துதல் போன்றவற்றின் ராடார் அமைப்புகளில் பயன்படுத்தப்பெற்றன. இவை H2S, 'ஜென் பாக்ஸ்' (Gen Box) அல்லது 'மிக்கே' (Mickey), 'அதிசயக் கண்' (Magic Eye) போன்ற பலவேறு பெயர்களால் அழைக்கப் படுகின்றன. 1943-ன் நடுப்பகுதியில் இத்தகைய ராடார் அமைப்பு கள் கிட்டத்தட்ட நூறு வேலே செய்துகொண்டிருந்தன.

'கீ' அமைப்பும் (Gee system) 'லோரன்' அமைப்பும் (Loran system) : பிரிட்டானியர்களால் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்ட 'கீ', அமெரிக்கர்களால் அமைக்கப்பட்ட 'லோரன்' (Loran) ஆகிய இரண்டும் ஒரே தத்துவத்தில் வேலேசெய்கின்றன. ஆனுல், அவை அலேநீளம், தளவாடங்கள், செயல்படும் வீச்சுப் போன்ற சில குறிப்பிட்ட அம்சங்களில் மாறுபடுகின்றன. அவை தரை ராடார் (ground radar) அமைப்பைச் சேர்ந்தவை. அவை எதி ரொலிகளேப் பயன்படுத்துவதில்லே. ஆனுல், மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட தரை நிலேயங்கள் (ground stations) அனுப்பு கின்ற துடிப்புகளேயே பயன்படுத்துகின்றன. விமானமோட்டி அல்லது மாலுமி அவனுடைய கீ அல்லது லோரன் ஏற்பியைக் கொண்டு தன் இருப்பிடத்தை உடனடியாகக் கண்டுகொள்ள லாம். இவ்வேற்பிகள் மூன்று தரை நிலேயங்களிலிருந்து ஒரே நேரத் தில் வெளிவிடப்படும் ரேடியோத் துடிப்புகள் வந்துசேரும் நேரங் களேக் கீழ்க்கண்டவாறு அளக்கின்றன. மூன்று நிலேயங்களில் A, B ஆகிய இரு நிலேயங்களிலிருந்து வரும் துடிப்புகளே விமானி அல்லது மாலுமி ஏற்பதற்கு ஆகும் நேரங்களின் வேறுபாடு t ஆனுல், விமானம் அல்லது கப்பலின் இருப்பிடம் A, B ஆகியவற்றைக் குவியங்களாகவும், குவிய தூரங்களின் வேறுபாடு ct ஆகவும் உள்ள ஓர் அதிபர வளேயத்தில் (hyperbola) இருக்கும் எனக் காட்டலாம். இங்கே C என்பது ஒளியின் வேகம். இவ்வாறே t' என்பது A, C ஆகிய இருநிலேயங்களிலிருந்து துடிப்புகள் வந்து சேர ஆகும் நேரங்களின் வேறுபாடாக இருக்குமாஞல் இருப்பிட மானது A, C ஆகியவற்றைக் குவியங்களாகவும், ct' ஐக் குவி

● U—படகுகள் என்பது ஒருவகை ஜெர்மானிய நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள்.

தூரங்களுக்கிடையேயுள்ள வேறுபாடாகவும் உடைய மற்ருேர் அதிபர வளையத்திலிருக்கும். இவ்விரு அதிபர வளையங்களும் வெட்டுமிடம் விமானி அல்லது மாலுமியின் இருப்பிடமாகும். இந்த முறையில் உலகப்படத்தின் பெரும்பகுதியையும் விமானங் களுக்கும் கப்பல்களுக்கும் ஒரேமாதிரி பயன்படுத்தக்கூடிய காப்பான வழிகாட்டிகளான கடற்பயண வலைத்தொடர்கள் (navigational grids) கொண்டு உள்ளடக்கிவிடலாம். கீ அமைப்பு 20–80 மெகா சுழற்சி/விநுடி அலைவெண் வரிசையில் வேலை செய்கிறது. அதே நேரத்தில் லோரன் 2 மெகா சுழற்சிகள்/விநுடி வீச்சில் வேலை செய்கிறது. லோரனுடைய தளவாடங்கள் கீ யினுடையதைவிடச் சற்றுச் சிக்கலானவை; ஆனால், பின்னதின் வீச்சு 300 மைல்களாகவே இருக்கும்போது முன்னது உள்ளடக்குகின்ற வீச்சு 1300 மைல்கள். எனவே, தொலைதூரப் பயணங்களில் லோரனின் பங்கு அதிகமாக இருக்கலாம். ஜெர்மனிமீது விமானத் தாக்குதல் நடத்தியபோதும் நார்மண்டி மீது D நாள்களில் (D-days) தாக்குதல் நடத்தியபோதும் இவ்விரண்டும் நேசநாடுகளால் பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன.

ஓபோ அமைப்பு (Oboe System) என்பது இலக்குகளை மிக நுட்பமாகக் குறிபார்க்கும் ஆற்றல் படைத்த, தொலைதூர ராடாரில் சிகரமாக அமைந்த கண்ணை மூடிக்கொண்டு குண்டு வீசும் (blind bombing) சாதனம் எனக் கருதலாம். எனவே, தரை நிலையங்களிலிருந்து 300 மைல்கள் தூரத்தில் சில சதுர மைல் திருத்தமே கொடுக்கக்கூடிய கீ அமைப்பை இது விஞ்சியது. ஓபோ கீழ்க்கண்ட எளிய தத்துவத்தின் அடிப்படையில் வேலை செய்கிறது. இரண்டு தரை ராடார் நிலையங்கள் துடிப்புகளை வெளியனுப்புகின்றன. இத் துடிப்புகள் பறக்கும் விமானத்தால் பொறுக்கியெடுக்கப்பட்டு மீண்டும் பரப்பும் நிலையங்களுக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுகின்றன. துடிப்புகளின் இந்தப் பயணத்திற்கான மொத்த தூரம் தரை நிலையங்களால் திருத்தமாக அளக்கப்படுகிறது. நிலையங்களுள் ஒன்று குண்டு விடுவிக்கப்பட வேண்டிய இடத்தின்வழியாகச் செல்லும் ஒரு வட்டக் கோணப் பகுதியில் விமானம் பறந்துகொண்டிருக்கச் செய்கிறது; மற்ருென்று விமானி இலக்கினை மேலும் மேலும் நெருங்கிக்கொண்டிருக்கிருன் என்பதனை 8, 6, 4, 2 நிமிடங்கள், 30 விநுடிகள் என ஒரு காலம் உணர்த்தும் குறியீட்டுச் செய்தி முறையினுல் எச்சரித்து, இலக்கினை அடைந்த உடனே (தேவைப்படுமானுல்) குண்டினை விமானத்திலிருந்து தாஞகவே விடுவிக்கிறது. இலக்கு இருக்குமிடம் விமானத்திலிருப்பவர்களைக் காட்டிலும் நிலையத்திற்கு மிகமிகத் திருத்தமாகத் தெரியும். ஓபோவானது இருநூறு மைல்கள் எனும் தொலைவில் பத்தாயிரத்தில் ஒரு பங்கு

திருத்தத்துடன் வேலை செய்கிறது என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. கடந்த போரின் இறுதிக் கட்டத்தில் ரூர் சண்டையில் (battle of Ruhr) இந்த மிகத்திருத்தமான ராடார் சாதனங்களால் வெற்றி பெற்றதில் ஆச்சரியமில்லை.

கடற்போர் விவரங்கள் அமைப்பு (The Naval Tactical Data System—NTDS): எலெக்ட்ரான்களால் கண்டுபிடிக்கும் இந்த அமைப்பு யூ.எஸ்.எஸ். என்டர்பிரைஸ் (U.S.S. Enterprise) போன்ற அணு ஆற்றலால் இயங்கும், விமானம் சுமக்கும் மிகப் புதுமையான கப்பல்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது வேறுபட்ட வகையினவான பன்னிரண்டு ராடார் உணர்வான்களிலிருந்து (radar sensors) வருகின்ற தகவல்களை ஏற்று அத் தகவல்களைக் கணிப்பான்களுக்குச் (computers) செலுத்துகிறது. இக் கணிப்பான்கள் கண்டுபிடிக்கும் எல்லாப் பொருள்களின் பாதை, வேகம், அளவு, அடையாளம் ஆகியவற்றை நிச்சயிப்பதோடல்லாமல் போரின்போது எதிரிகளின் அச்சுறுத்துதல்களையும், அவற்றிற்கு எதிர்ப்புத் திட்டங்களையும் கண்டு தெரிவிக்கின்றன; ஏன்? என்ன ஆயுதத்தைப் பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதனையுங் கூடக் கூறுகின்றன—இவை யாவும் விநாடியின் மில்லியனில் ஒரு பகுதி நேரத்திலேயே நிகழ்கிறது! கடற்போர் விவரங்கள் அமைப்பினது வீச்செல்லை ராடார் கருவிகள் பொருத்தப்பட்டு அடிவானத்திற்கு அப்பால் வானத்தில் உயரே திரியும் வேவு விமானங்களால் பெரிதும் நீண்டுள்ளது.

ராடாரின் பயன்கள்: போர்க்காலத்தில் வளர்க்கப்பட்ட ராடார் எதிரிகளின் ஆற்றலை நசுக்கும் மகிழ்வற்ற செயலுக்கு இயல்பாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. ஆனால், போரிலும்கூட அதுவே அழிக்கும் கருவியாக அமைந்துவிடவில்லை. அதன் தற்காப்புப் பண்புகள் அமைதிக் காலங்களில் அதன் பல பயன்களைத் தெளிவாகச் சுட்டிக்காட்டுகின்றன. அவற்றைச் சுருக்கமாகக் கீழே கூறுவோம்.

(அ) **வான்செலவும் கடற்செலவும்:** இவையிரண்டும் முற்றமுழுக்கப் பாதுகாப்பானவையாகவும் எதனாலும் தீங்கு விளையாதனவாகவும் ஆயின. வெகு உயரத்தில் பறக்கும் விமானங்கள், கடலோடும் கலங்கள் யாவும் ராடார் பொருத்தப்பெற்றால் அவை தவிர்க்கவேண்டிய மலைகள், பனிப்பாறைகள், நதிகள், ஏரிகள், கரையோரங்கள் ஆகியவற்றின் விரிவான விவரங்களைப் பெறக்கூடும். கப்பல் தலைவன் செலுத்தும்போது நில எல்லைக் குறிகள், மிதவைகள் (buoys), கலங்கரை விளக்குகள், பாறைகள் ஆகியவற்றைக் கண்டறிந்து தன் மரக்கலத்தைக் குறுகிய துறை

முகங்களுக்குள் பத்திரமாகச் சேர்க்க முடியும். மற்றக் கப்பல் களுடன் மோதலேயும் தவிர்க்க முடியும். ராடார் மேற்கொண்டு வளர்ச்சி பெற்று நிலப் போக்குவரத்தினைக் கட்டுப்படுத்தும் சாதனமாக ரயில் வண்டிகளிலும் கார்களிலும் இணைக்கப் பெறலாம்.

(ஆ) விமானங்கள் பத்திரமாக இறங்குவதற்கு ராடார் வழி காட்டும் கற்றைகள் (radar beacons) பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. விமான தளத்தை நெருங்கும்போது 'இட எல்லேக்குட்படுத்தி' (localiser) எனப்படும் ராடாரிலிருந்து வரும் சைகைகளால் விமானி வழிகாட்டப்படுகிறார். இதனால் காண்புநிலை (visibility) எவ்வாறிருந்தாலும் விமானி ஓடுபாதைக்கு நேராகப் பறந்து பத்திரமாக இறங்க முடிகிறது.

(இ) வானிலேயியலில் (meteorology) ராடார் பெரும் பய னுடையது. மழைத்துளிகள் சில தகுந்த ராடார் சைகைகளைத் திருப்பமடையச் செய்யும். இவ்வாறாக அது, வானிலை அறிஞர் கள், மேகங்களின் தூரத்தைத் திருத்தமாக அளந்து முன்னதாகவே வானிலை அறிவிப்புகள் கொடுக்க உதவுகின்றது.

(ஈ) கனிவான ஆய்வு (prospecting) செய்வதற்கு, அதாவது, புதைந்துள்ள உலோகங்கள், எண்ணெய்கள், தாதுக்கள் ஆகிய வற்றின் இடத்தைக் கண்டறிவதற்கு ராடாரைப் பயன் படுத்தலாம்.

(உ) மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலைகளை அளத்தல், ஞாயிறு, திங்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சுகளை ஆராய்தல், அண்ட இரைச்சல்களைக் (cosmic noises) கேட்டறிதல், அயன மண்டிலத்தின் உயரத்தை அளத்தல், ஒளியின் வேகத்தைக் காணல் போன்ற பலவற்றிற்கும் பயன்படுத்தப்பெறுகிறது.

உண்மையிலேயே ராடார் மிக நுட்பமான, நம்பத்தகுந்த எலெக்ட்ரான் சாதனங்களில் ஒன்று. பௌதிக அறிவியலும் உலகச் செழிப்பும் இதனால் மேம்பட்டு வளர வாய்ப்புண்டு.

ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரானும் நுண்ணலை நிறமாலையியலும் (Reflex klystron and Microwave spectroscopy)

சென்டிமீட்டர் ராடார் பற்றிய ஒருமுகமாகக் கவனத்துடன் செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் நுண் அலை நிறமாலையியல் எனப் படும் ஒரு புதிய முக்கியமான தொழில் நுணுக்கத்திற்கு வழி கோலின. அண்மைக்காலத்தில் இத் துறை பௌதிகம், ரசாயனம், எலெக்ட்ரானியல் (electronics) போன்ற துறைகளின் (வான நூல்

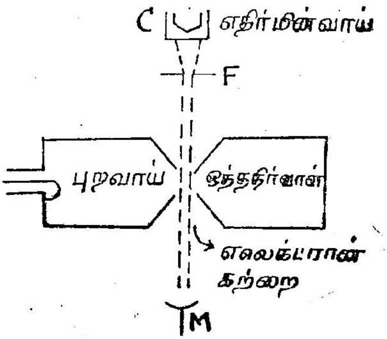
துறையிலுங்கூட) பலபிரச்சினைகளை ஆராய்வதற்குப் பயன்படும் ஒரு சொத்தாக விளங்குகிறது. நன்றாகத் திட்டமிட்டு அமைக்கப் பட்ட நுண்அலை நிறமாலை காட்டியானது (microwave spectroscope) மீ அகச்-சிவப்பிற்கும் (far infra-red) வழக்கமான ரேடியோ அலைவெண் பகுதிக்கும் இடைப்பட்ட மின்காந்த நிறமாலையின் (electromagnetic spectrum) பகுதியினை ஆய்கின்ற ஆற்றல் படைத்தது. அண்மைக்காலம் வரையிலும் எளிதில் நெருங்க முடியாததாக இருந்த இப் பகுதி அலைநீளத்தில் 1/2 செ.மீ. -லிருந்து 50 செ.மீ. வரையிலும் அல்லது அலைவெண்ணில் 60,000 மெகா சுழற்சிகளிலிருந்து 600 மெகா சுழற்சிகள் வரையிலும் பரந்துள்ளது. நுண்அலை நிறமாலையியலை ரேடியோ அலைவெண் அல்லது அகச்-சிவப்பு நிறமாலை இயலின் நீட்சியாகக் கருதலா மாறல், இதனை மற்றதிலிருந்து வேறுபட்ட தனித்தவோர் ஆராய்ச்சித் துறையாகக் கருதத் தக்க காரணங்கள் உள்ளன. ஏனெனில், இதில் பயன்படுத்தப்படும் நுணுக்கம் உயர் அலைவெண் ஆக்கும் மின்குழாய்ச் சுற்றுகள், அகச்-சிவப்புப் பகுதியினை ஆராயப் பயன்படும் தொன்மையான ஒளியியல் கருவிகள் ஆகிய இரண்டிலிருந்துமே வேறுபட்டது. நாம் இங்கே இன்றியமையாப் பகுதிகளைப்பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறி, இது கையாளப்படும் ஆராய்ச்சிப் போக்கையும் சுட்டிக் காட்டுவோம்.

நுண்அலை நிறமாலைமானியின் (microwave spectrometer) இன்றியமையாக் கூறுகள் : நுண்அலை நிறமாலைமானியானது ஒளியியல் நிறமாலைமானி செய்யும் பொதுவான வேலையையே, அதாவது, அலைநீளத்தை அளத்தலையே செய்தாலும் இரண்டிற்குமிடையே அடிப்படை வேறுபாடுள்ளது. ஒளியியல் நிறமாலைமானியின் முதன்மையான கூறு முப்பட்டகம், கிராதி போன்ற பிரிக்கும் இடைநிலைப் பொருளே (dispersive medium) ஆகும். ஆனால், நுண்அலை நிறமாலைமானியில் அத்தகைய நிறம் பிரிக்கும் பொருள் ஏதும் தேவையில்லை. ஏனெனில், பயன்படுத்தப்பெறும் தோற்றுவாய் ஒற்றை நிறமுடையதாகவே இருக்கிறது; அதன் அலைவெண்ணை விருப்பத்திற்கேற்ப மாற்றி எலெக்ட்ரானியலின் படி மிகுந்த திருத்தத்துடன் அளக்கலாம்.

நுண்அலை நிறமாலைமானி கீழ்க்கண்ட இன்றியமையாக் கூறுகளை உடையது :

(அ) கதிர்வீச்சின் தோற்றுவாயாகப் பயன்படும் ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான் : இது படம் 93-ல் விளக்கிக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஓர் எதிர்மின்வாய் C எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகிறது. இவை ஒரு குவிக்கும் அமைப்பினால் (F) செறிவாக்கம் மிகுந்த ஒரு கற்றை

யாக்கப்படுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான் கற்றை மீண்டும் நுழையும் ஒத்ததிர்வுப் பொந்தின் (re-entrant resonant cavity) இடைவெளியைத் தாண்டிச் செல்கிறது. இந்தப் பொந்து 2000 -லிருந்து 3000 வோல்ட்டுகட்குள் உள்ள ஓர் ஒரு திசை மின்னமுத்தம் பெற்றிருக்கும். எலெக்ட்ரான்கள் இடைவெளியை விட்டு வரும்போது ஒரு திருப்பியால் (reflector) (*M*) வேகக் குறைவுக்குட்படுகின்றன. இத் திருப்பியானது எதிர் மின்வாயோடு ஒப்பிட எதிர் மின்னமுத்தமுடையது; மேலும், இது ஓர் எலெக்ட்ரான் ஆடியாகச் (electron mirror) செயல்படும் வகையில் உருவமைப்புக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. பொந்து வழக்கமாகத் தரையின் மின்னழுத்தத்தில் இருக்கும்; எதிர் மின்வாய் ஓர் உயர்ந்த எதிர் மின்னமுத்தத்தில் இருக்கும்.



படம் 93. ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான்

ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான் வேலை செய்யும் தத்துவம், எலெக்ட்ரான் கற்றையினை ஒத்ததிர்வுப் பொந்தினுல் பண்பேற்றும் வேகம் எனப்படும் ஒன்ருகும். ஒத்ததிர்வானில் உள்ள அலைவுறும் மின்காந்தப்புலம் எலெக்ட்ரான்களை இடைவெளியில் ஓர் அதிர்வு நிலையில் வேக வளர்ச்சியடையும்படியும் (accelerate) எதிர் அதிர்வுநிலையில் வேகக் குறைவு அடையும்படியும் செய்யும். இதனுல், எலெக்ட்ரான்களின் ஒரே சீரான அருவி அதிக அடர்த்தியும் குறைந்த அடர்த்தியுமுள்ள பல பகுதிகளாகப் பிரிகின்றது. இவ்வாறு பகுதிகளாகப் பிரித்தல் துறை மரபுப்படி கொத்துகளாக்குதல் (bunching) எனப்படும். கொத்துக் கொத்தாக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான் கற்றை திருப்பியினுல் ஒத்ததிர்வான் இடைவெளிக்குத் திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. சாதகமான நேரங்களில் இது நிகழ்ந்தால் எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒத்ததிர்வானிலுள்ள அலைவுறும் புலத்திற்கு ஆற்றலைக் கொடுக்கிறது. இதன் விளைவாக அலைவுறும் புலம் நிலைபெறும்; வளரக்கூடச் செய்யும். திருப்பியினைத் தகுந்த முறையில் திட்டமிட்டு அமைத்து அதன் மின்னழுத்தத்தை ஏற்றவாறு கட்டுப்படுத்தினுல் சரியான நேரக் கட்டுப்பாட்டு நிலைகள் கிடைக்கும். ஒத்ததிர்வுப் பொந்தில்

இவ்வாறு தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவுறும் திறன் ஒரு வளையத்தினூடும பொது அச்சுடைய கம்பிவடத்தாலும் வெளியே எடுக்கப்படுகிறது. தோற்றுவிக்கப்படும் அலைவெண்ணை, இசைவிக்கும் திருகுகளின் (turning screws) துணைகொண்டு பொந்தினை ஒரு வகை எந்திரத் திரிபு (mechanical distortion) அடையச் செய்வதால், ஏறத்தாழ 15% வீச்சில் மாற்றலாம்; இறுதியில் திருப்பியின் மீதுள்ள மின்னழுத்தத்தைச் சரியாகக் கையாண்டு நுட்பமாகச் சரிசெய்தலால் ஏறத்தாழ 10% வீச்சில் மாற்றலாம். இவ்வாருக, கிளிஸ்ட்ராஞனது எல்லா நடைமுறைக் காரியங்களுக்கும் ஓர் ஒற்றைநிறத் தோற்றுவாயாக (monochromatic source) இருக்கிறது. அமைப்பு விவரங்கள், வேலை செய்யும் மின்னழுத்தங்கள், அலைவெண் வீச்சுப் போன்றவற்றில் வேறுபட்ட பலவகை ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான்கள் இப்போது தயாரிக்கப்படுகின்றன. வழக்கமான ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான் பல மெகா வாட்டுகள் திறனைக் கொடுக்கும் மாக்னட்ராஞனுடன் ஒப்பிட ஓரளவு மிகக் குறைந்த திறனையே பெற்றிருக்கிறது; சில மில்லி வாட்டுகளே பெற்றிருக்கிறது. இருந்தாலும், கிளிஸ்ட்ரான்களே மாக்னட்ரான்களைவிட நிறமாலையியலில் மிகவும் திருப்திகரமாகப் பயன்படுத்தக்கூடிய தோற்றுவாய்களாக விளங்குகின்றன.

(ஆ) அலைமானி (Wavemeter): தத்துவப்படி உயர்ந்த பொறுக்குந்திறனுடைய (Q) ஒரு குறிப்பிட்ட பாணியில் அலைவுறும் ஒரு பொந்தினை அலைமானியாகப் பயன்படுத்தக்கூடும். சில மெகா சுழற்சிகளுக்குத் திருத்தமான அலைவெண் அளவீடுகள் பொது அச்சுடைய அல்லது உள்ளீடற்ற உருளை வடிவான அலைமானிகளைக் கொண்டு செய்யப்படுகின்றன. பொது அச்சு வகைகள் 3 செ.மீ.-ம் அதற்கும் மேற்பட்ட அலைநீளங்களுக்கும் பயன்படுகின்றன. அதனினும் குறைந்த அலைநீளங்கட்கு உருளை வடிவான அலைமானிகள் பயன்படுகின்றன.

(இ) உட்கவர் கலம் (Absorption cell): இது ஆராய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் உட்கவர் பொருளின் (absorbing substance) வழியாகக் கதிர்வீச்சைச் செலுத்துகிறது. இது இருமுனைகளிலும் மெல்லிய மைக்கா சாளரங்களால் (mica windows) மூடப்பட்ட செவ்வகமான உள்ளீடற்ற குழாயாகும். இக் குழாயின் அளவைகள் பரப்பப்பட வேண்டிய கதிர்வீச்சின் அலைநீளத்தைப் பொறுத்து, மிகத் தாழ்ந்த சுரமே பரப்பப்படும் வகையில் மிகவும் கவனமாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன. மேலும், கூர்மையான திருப்பங்கள் தவிர்க்கப்படுகின்றன. குழாயில் வெற்றிடமாக்கும் காரியங்களுக்காகவும் ஆய்விற்குட்பட்டிருக்கும் வாயுவினை உட்செலுத்துவதற்காகவும் வட்டமான துளைகள் செய்யப்பட்

டுள்ளன. உட்கவர் வரியினைக் (absorption line) கூர்மையாக இருக்கச் செய்வதற்காக வாயுவின் அழுத்தம் சரிசெய்யப்படுகிறது. வட்டமானது, சுருளாகச் சுற்றப்பட்டது போன்ற வேறு வகை அலை வழிகாட்டிகளும் உள்ளன.

(ஈ) கண்டுபகுப்பான் : ஒரு சிலிகான் படிகமே பெரும்பான்மையும் கண்டுபகுப்பானாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. வழக்கமாக இது ஒரு தனிப் பொதியுறையில் (cartridge) பொருத்தப்படுகிறது. இந்தப் பொதியுறை 10 செ.மீ.-கள், 3 செ.மீ.-கள் என்பது போன்ற பல வீச்சுகளில் வேலை செய்வதற்கேற்ப ஒரு டங்ஸ்டன் இழைக் கற்றையானது (whisker) படிகத்தின் ஒரு புள்ளியில் தொட்டுக்கொண்டிருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஒன்றாகும்.

(உ) நிறமாலையைப் பகுத்தாராயும் கருவி: இது, கண்டுபகுக்கப்பட்ட ஆற்றலைப் பெருக்கும் ஒரு பெருக்கியும், ஒரு சுட்டிக்காட்டியும் உடையது. இந்தச் சுட்டிக்காட்டி ஒரு பேனாவும்-மையும் கொண்டு பதிவுசெய்யும் கருவியாகவோ அல்லது எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியாகவோ இருக்கலாம். தாழ் அலைவெண் பகுதியில் ஒப்பீட்டில் கூரிய முட்டுநிலை(cut-off) உடைய வீடியோ (Video) அல்லது குறுகிய செவியுறு அலைவரிசைப் பெருக்கி ஒன்று படிகக் கண்டுபகுப்பானுடன் நேரடியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கண்டு பகுக்கப்பட்ட ஆற்றல் இவ்வாறாகப் பெருக்கப்பட்டு அலைவு வரைவியின் நிலைக்குத்துத் தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. கிளிஸ்ட்ரான் தோற்றுவாய் திருப்பியிலுள்ள ஒரு ரம்பப் பல் மின்னழுத்தத்தால் (saw-tooth voltage) பண்பேற்றப்படுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் அலைவு வரைவியினுடையதுடன் நிகழ்வொருமை (synchronised) செய்யப்பட்டிருக்கும். இந்தப் பண்பேற்றப்பட்ட அலைவெண் கிடைதகடுகட்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இந்த நிலைகளில் அலைவு வரைவியின் திரையின்மீது கிடைக்கும் கோல அமைப்பிலிருந்து (pattern) கண்டுபகுக்கப்பட்ட நுண்அலைக் கதிர்வீச்சின் அலைவெண் அல்லது அலைவெண்களின் வீச்சுகளைக் கண்டுகொள்ள முடிகிறது. ஏனெனில், திரையில் காணப்படும் துடிப்புகளின் வீச்சு (amplitude) தோற்றுவாயின் அலைவெண் பங்கீட்டின் உறையுடன் பொருந்துகிறது. நிறமாலை வரிகளைத் தேடும்போது கிளிஸ்ட்ரானின் அலைவெண் கையால் சரிசெய்யப்படுகிறது. கிளிஸ்ட்ரானின் அலைவெண்ணைத் துருவிப் பார்ப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ரம்பப் பல் அலையானது (saw-tooth wave) அது மீண்டும் மீண்டும் தோன்றும் விதத்தையும் அதன் சரிவையும் சரிசெய்துகொள்ளத் தக்கதாக இருக்க வேண்டும். கிளிஸ்ட்ரானைக் துருவும் விதம் அலைவுவரைவியின் துடிப்புகள் திரும்பத் திரும்பத் தோன்றும் விதத்தைக் காட்டிலும்

மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும்; நடைமுறையில் கோல அமைப்பைப் பார்த்து மிகவும் உகந்த முடிவுகள் கிடைக்குமாறு இது சரிசெய்யப்படுகிறது.

நுண்ணலை நிறமாலை அளவியின் பகுதிகளைத் தேர்ந்தெடுப்பதும் அவற்றை அமைப்பதும் ஆராயப்படும் பிரச்சினையின் தன்மையைப் பொறுத்தது என்பதனை நினைவில் கொள்ளவேண்டும். எனவே, நுண்அலை நிறமாலை அளவிக்கு நிலையான ஒரு தனி உருவமில்லை; பலவகைகள் நடப்பில் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. க்ளீட்டன் (Cleeton), வில்லியம்ஸ் (Williams) ஆகியோர் முதன்முதல் வகுத்த (1934) நுண்அலை நிறமாலை காட்டி ஒளியியல் சாதனங்களையும் எலெக்ட்ரான் சாதனங்களையும் கலந்து செய்த இனங்கலந்த ஒரு கருவி என்பதனைக் கவனிப்பது நம் ஆர்வத்தைத் தூண்டக்கூடியது. தோற்றுவாயானது பிளவுபட்ட நேர்மின் வாய் மாக்னட்ரானாகும்; அலை நீளத்தை அளப்பதற்காகப் பரவளைய ஆடிகளாலான ஒளியியல் இணையாக்கி (collimator) அமைப்பு ஒன்று ஏறுபடியணிக் கிராதி (echelon grating) ஒன்றுடன் பயன்படுத்தப்படுகிறது. உணர்திறம் மிக்க மின்னோட்டம் காட்டி ஒன்றுடன் நேராக இணைக்கப்பட்டுள்ள இரும்பு பைரைட் பாஸ்பர்-வெண்கலப் படிகம் ஒன்று (iron pyrite-phosphor bronze crystal) கதிர்வீச்சினை எலெக்ட்ரான் பெருக்கம் ஏதுமில்லாமல் கண்டறிகிறது. ரப்பர்த் துணிப் பை ஒன்றே உட்கவர் கலமாகப் பயன்படுகிறது. இவ்வாறாக, நுண் அலை நிறமாலை காட்டியின் தொழில் நுணுக்கங்கள் மிகக் குறுகிய காலத்தில் எவ்வளவு முன்னேறியுள்ளது என்பதனை உணர்கிறோம்.

மீஅகச்-சிவப்புப் பகுதியிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் தூய சுழற்சி நிறமாலையினை ஆராய்வதற்கு நுண்ணலை நிறமாலை அளவி மிகவும் ஏற்றது. நுண்ணலை நிறமாலை அளவியின் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன் மிக மிக உயர்வாக இருப்பது இதன் ஒரு சிறப்பான அம்சமாகும். அகச்-சிவப்பு நிறமாலை அளவியினால் கிடைப்பதைக் காட்டிலும் 10,000 மடங்கு அதிகமான வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனை இது உடையது. இதுவரை ஆராயப்பட்ட நுண்ணலை நிறமாலைகள் யாவும் அநேகமாக உட்கவர் நிறமாலைகளே. ஏனெனில், புவியிலுள்ள ஒரு தோற்றுவாயிலிருந்து வரும் நுண்ணலை வெளிவிடு நிறமாலைகளைக் கண்டறிவது அவ்வளவு எளிதல்ல.

நுண்ணலை நிறமாலை அளவியின் பயன்கள் : மூலக்கூறுகள் நுண்ணலைச் சுழற்சி நிறமாலைகள் பற்றிய ஆராய்வானது மூலக்கூறுகளின் கட்டமைப்பு, பிணைப்புக் கோணம் (bond angle), அணு

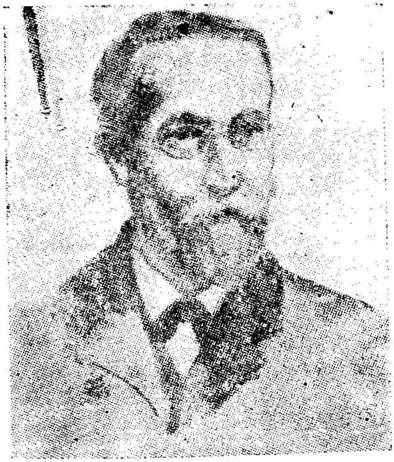
இடைத் தூரங்கள், இருமுனை மூலக்கூறு (molecular dipole), நான்முனை நெம்புதிறன்கள் (quadrupole moments) ஐசோடோப் விளைவுகள் (isotopic effects) போன்ற மூலக்கூறின் சிறப்பான பண்புகளைத் திருத்தமாக மதிப்பிட வழிகோலியது. நுண்ணலை நிறமாலையியலின் தொழில்துறைப் பயன்கள் வெளிப்படையாகத் தெரிகின்றன. இவற்றில் மிகவும் முக்கியமானது இரசாயனக் கூட்டுப் பொருள்களைப் பகுத்தாராய்தல். இது இன்று வரையில் அகச்-சிவப்பு நிறமாலையியலாலேயே (infra-red spectroscopy) செய்யப்பட்டு வந்தது. நுண்ணலை நிறமாலை வரிகள் அணுக் கடிகாரம் (atomic clock); உயர் அலைவெண் அலைப்பான்கள் போன்ற பல எலெக்ட்ரான் கருவிகளைக் கட்டுபடுத்துவதற்கும் ஒழுங்குபடுத்துவதற்கும் மிகத் திருத்தமான புதிய ஒரு தரமாக (standard) உள்ளது.

(2) எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி

தத்துவம்: எதிர்முனைக் கதிர்கள் மின்புலத்தாலோ காந்தப் புலத்தாலோ ஒதுக்கப்படும்; அவை ஒளிர்திரையில் (fluorescent screen) மினுமினுப்புகளை (scintillations) உண்டாக்கும். எதிர்முனைக் கதிர்களின் இப் பண்புகளே எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியினை அமைத்தலிலும் அது வேலை செய்தலிலும் பயன்படுத்திக் கொள்ளப்பட்டுள்ளன. அலைவு வரைவி என்பது அலைவுகளை வரைபடமாக வரைவதற்காக வகுக்கப்பட்ட ஒரு சாதனமாகும். முதல் அலைவு வரைவி ஒரு மின்காந்த அதிர்ப்பான் (electromagnetic vibrator) உருவில் இருந்தது. இந்த அதிர்ப்பான் ஒரு சிறிய ஆடி பொருத்தப்பட்ட நகரும் சுருளால் ஆனது. ஆடியின்மீது குவிமுகப்படுத்தப்பட்ட ஓர் ஒளித்திட்டு ஓர் அளவுகோலின்மீது ஒதுக்கப்படுகிறது. சுருளின் வழியாகப் பாய்கின்ற மாறுமின்னோட்டத்தின் (varying current) ஆட்சியினால் அதிர்ப்பான் அலைவுறும்போது இந்த ஒளித்திட்டு அளவுகோலின் மீது மின்னோட்டத்தின் அலைவுகட்கேற்ப நகருகின்றது. ஆனால், நகரும் பகுதிகள் குறிப்பிடத்தக்க அளவு சடத்துவம் பெற்றிருப்பதால் இந்த வகை அமைப்பு மிகவும் மெதுவாக மாறும் மின்னோட்டத்திற்கே பயன்படும் என்பது தெளிவு. எனவே, இந்த எந்திர சாதனத்திற்குப் பதில் முழுதும் மின்சார மயமான ஒன்றினைப் பயன்படுத்த முயற்சிகள் செய்யப்பட்டன; எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாய் (cathode ray tube) இப் பிரச்சினையை மிகச் சிறப்பாகத் தீர்த்தது. ஓர் ஒளித் திரையில் எதிர்முனைக் கதிர்களால் உண்டாக்கப்படும் ஓர் ஒளித் திட்டினை, ஒரு சுற்றில் அதிவிரைவாக மாறுகின்ற மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்தினை

உடனடியாக அப்படியே ஒட்டிச் செல்லுமாறு செய்யலாம், ஏனெனில், எலெக்ட்ரான் கற்றையின் சடத்துவம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவினது.

பிரான் குழாய் (Braun tube): எதிர்முனைக் கதிர் அலைவி வரைவியின் முதல் எளிய வடிவம் 1897-ல் பிரான் (Braun) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. அது சிலகாலம் வரை பிரான் குழாய் என வழங்கப் பட்டு வந்தது. இது ஒரு சாதாரண மின்னிழப்புக் குழாயே ஆகும். இதில் எதிர்முனைக் கதிர்கள் நேர் மின்வாயிலுள்ள ஒரு குறுகிய பிளவின் (slit) வழியாகச் செலுத்தப்பட்டு மிக மெல்லிய கற்றையாகக் குறுக்கப்படுகிறது. அதன் பின்னர்க் குழாயில் ஒரு நேர்கோட்டில் சென்று குழாயின் மறுமுனையிலுள்ள ஒளிர்திரையைத் தாக்குகின்றன. அதனால் பொலிவு மிக்க ஒளிப்பொட்டு ஒன்று



சி. எஃப். பிரான்

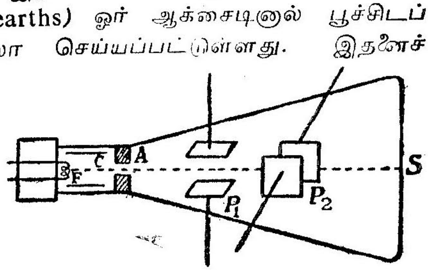
மோதும் இடத்தில் திரையின்மீது உண்டாகிறது. குழாயின் உள்ளே ஏற்ற முறையில் இரு உலோகத் தகடுகளை வைத்து அவற்றை ஓர் உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு உயர்த்துவதன் வாயிலாகக் கற்றையின் பாதையில் குழாயின் அச்சுக்குச் செங்குத்தான திசையில் ஒரு மின் புலத்தை நிலைநிறுத்த முடியும். தகட்டுக்குக் கொடுக்கப்படும் மின்புலம் அலைவுறும் தன்மையாதலால், ஒளிப்பொட்டு மேலும் கீழும் நகர்ந்து ஒரு நேர்கோட்டினை வரையும். நேரத்தின் சார்பலனாகப் புலம் எவ்வாறு மாறுகின்றது என்பதனை நேரடியாகக் கண்டறிவதற்கு அலைவுகளைச் செங்குத்தான திசையில் பரவலாக்கினால் போதும். இதற்குச் சீரான குறுக்கு இயக்கத்தைக் (transverse motion) கொடுக்கும் ஒரு சாதனம் தேவை. காட்டாக, பொட்டு ஒதுக்கப்படும் திசைக்கு இணையான அச்சின்மீது சுழலுகின்ற ஓர் ஆடியில் பொட்டின் பிம்பத்தைப் பார்த்தல். பிரான் குழாயின் முதன்மையான குறைபாடு என்னவென்றால், அது வேலை செய்வதற்கு மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தங்கள் தேவைப்படுகின்றன. இம் மின்னழுத்தங்கள் ஒரு

குளிர்ந்த எதிர்மின் வாயிலிருந்து (cold cathoJ) எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுவதைப் பொறுத்திருக்கும். இதைத் தொடர்ந்து பிரான் குழாய்க்குச் செய்யப்பட்ட முக்கியமான மேம்பாடுகள் ஒப்பீட்டில் குறைந்த மின்னழுத்தத்தில், ஆனால் அதனினும் சிறந்த பயனுறு திறனுடைய புதுமையான எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியினைத் தோன்றச் செய்தது.

புதுமையான எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி: இது ஒரு மிகுந்த உணர்திறமுடைய அமைப்பாகும். இதனைக் கொண்டு கணத்தில் மறைகின்ற நிகழ்ச்சிகளை—மிகக் குறைந்த நேரமே உள்ள நிகழ்ச்சிகளையும்கூட—கண்டுபிடிக்கவும், பதிவு செய்யவும் முடியும். எலெக்ட்ரான் மிகமிக நுண்ணிய பொருண்மையே பெற்றிருப்பதால் அதன்மீது ஓர் அமைதி குலைக்கும் புலம் தொழிற்படக்கூடிய மிகமிகக் குறைந்த நேரத்திலேயே ஒப்பீட்டில் உயர்ந்த வேகத்தை அது பெறமுடிகிறது என்கின்ற உண்மையினா லேயே மேற்கண்டவாறு நிகழ்தல் இயலுகின்றது. எனவே, எலெக்ட்ரான் அருவி சடத்துவம் இல்லாமல் மின்புலத்தையும் காந்தப் புலத்தையும், அவை எவ்வளவு விரைந்து அதிர்வுற்றாலும் அப்படியே சற்றும் மாறாமல் தொடர்கிறது. எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி வினாடிக்கு 200 மில்லியன் எனுமளவில் உள்ள அலைவெண்களின் காலாந்தர அமைதிக் குலைவுகட்கு எதிரளிக் கின்றது (responds).

எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியின் முதன்மையான பகுதி கள் படம் 94-ல் விளக்கப்படமாகக் காட்டப்பட்டுள்ளன. அவையாவன:

(அ) ஓர் இழை F: இது டங்க்ஸ்டனாலோ காரநிலப் பொருள்களின் (alkaline earths) ஓர் ஆக்சைடினால் பூச்சிடப் பட்ட பிளாட்டினத்தாலோ செய்யப்பட்டுள்ளது. இதனைச் சூடாக்கும்போது வெப்ப மின் துகள் எலெக்ட்ரான் களைப் பெருமளவில் வழங்குகிறது. இழை யானது எதிர்மின் வாயாக வும் செயல்படுகிறது. இழைக்கும், மையத்தில் ஒரு துளையுடைய வட்டத் தகடு உருவில் உள்ள நேர்மின்வாய் A-க்கும் இடையில் நிலைநிறுத் தப்படும் ஓர் உயர்ந்த மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் எலெக்ட்ரான் கள் வேக வளர்ச்சி பெறுகின்றன. நேர்மின் வாயிலுள்ள இந்த மையத்துளையிலிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்முனைக்



படம் 94. எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாய்

கதிர்களின் ஒரு குறுகிய கற்றையாக உருவாகின்றன. இக் கற்றை நேர்கோட்டில் சென்று ஒளிர் திரை S-ன் மீது பட்டு, பொலிவுமிக்க ஓர் ஒளிப்பொட்டினை உண்டாக்குகிறது.

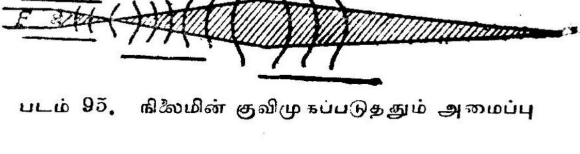
(ஆ) திரையின் மீது பொலிவுமிக்க, நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பொட்டினைப் பெறுவதற்காகத் திரையினைத் தாக்கும் கற்றையில் மிகப் பல எலெக்ட்ரான்கள் செறிந்திருக்குமாறு செய்ய ஒரு 'குவி முகப்படுத்தும் அமைப்பு' (focusing system) உள்ளது. வென்னல்ட் உருளை C-ஐப் பயன்படுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு 'குவிமுகப் படுத்தப் பெறுகின்றது. இந்த வென்னல்ட் உருளை கவசம் (shield) எனவும், இடைவாய் (grid) எனவும் வழங்கப்படும். இது இடைவாய் இழையைச் சுற்றிலுள்ள ஓர் உலோக உருளையே யாகும். இதற்கு ஓர் எதிர் மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப் பெற்றிருக்கும். இந்த அமைப்பின் விளைவென்னவென்றால், எதிர் மின் வாயிலிருந்து விரிந்து வரும் எலெக்ட்ரான்களை எதிர்த்துத் தள்ளி அதனால் மைய அச்சின் வழியாகக் கற்றையினைச் செறிவாக்கம் பெறச்செய்தலேயாகும். இதனால் நேர்மின்வாயின் மையத் துளையிலிருந்து செறிவு மிக்க எலெக்ட்ரான் கற்றை வெளியெறியப் படுகின்றது. ஆனால், நேர்மின்வாய் A-லிருந்து வெளிவரும் கற்றையிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்த்துத் தள்ளுதலால் கற்றை விரிகிறது. எனவே, கவசம் தானாகவே திரையின் மீது கூர்மையான ஓர் ஒளிப்பொட்டினை உண்டாக்குவதில்லை. ஆகையால், கூடுதலான குவிமுகப்படுத்தும் அமைப்பு ஒன்றினைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

குவிமுகப்படுத்துவதற்கு முதன்மையான இரு முறைகள் உள்ளன. அவையாவன : வாயு குவிமுகப்படுத்துதல் (gas focusing), நிலைமின் குவிமுகப்படுத்துதல் (electrostatic focusing). இவற்றிற்கேற்ப செய்கருவியானது வாயு குவிமுகப்படுத்தும் குழாய் (gas focus tube) அல்லது மிருதுவான குழாய் (soft tube) எனவும், நிலைமின் குவிமுகப்படுத்தும் குழாய் (electrostatic focus tube) அல்லது கடின குழாய் (hard tube) எனவும் வகைப்படுத்தப் பட்டுள்ளன.

வாயு குவிமுகப்படுத்தும் அமைப்பில் குழாயிலிருந்து காற்று, உட்கொள்ளப்பட்ட வாயு (occluded gas) ஆகியவை முழுவதையும் வெளியேற்றிய பின் ஆர்கான் (organ), ஹீலியம் (helium) போன்ற மந்தவாயு சிறு அளவில் குழாயினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இந்த எஞ்சிய வாயு வழக்கமாக எலெக்ட்ரான்கள் மோதலால் அயனியாக்கப்படுகிறது. இதனால் விளையும் எதிர் மின் எலெக்ட்ரான்கள் தாமாகவே அருவியுடன் சேர்ந்துகொள்

கின்றன: அதே நேரத்தில் மெதுவாக நகர்கின்ற நேர்மின் அயனிகள் கற்றையின் உள்ளகமாக அமைகின்றன. இந்த நேர் மின் உள்ளகம் (core) அது இழந்த எலெக்ட்ரான்களை மீண்டும் பெறுவதற்காகத் தொடர்ந்து எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கிறது. அதனால் எலெக்ட்ரான்கள் இந்த உள்ளகத்தைச் சுற்றித் திரண்டு ஒரு நெருக்கமான கற்றையாவதனால் செறிவாக்க விளைவு தானாகவே உண்டாகிறது. வாயு குவிமுகப்படுத்தும் குழாய் பல நன்மைகளைப் பெற்றிருக்கிறது. அவையாவன: ஏறத்தாழ 300-லிருந்து 500 வோல்டுகட்குட்பட்ட தாழ்ந்த மின்னழுத்தத்திலேயே இது திருப்திகரமாக வேலை செய்கிறது; இது உயர்ந்த உணர்திறமுடையது—அதாவது, ஒப்பீட்டில் வலுக்குறைந்த ஒதுக்கும் புலத்தினாலேயே எளிதாக ஒதுக்கலாம்; நன்றாக வரையறுக்கப்பட்ட, பொலிவுமிக்க, ஏறக்குறைய 0·5-லிருந்து 1 மி. மீ-க்குள் விட்டம் உள்ள ஒளிப்பொட்டு கிடைக்கிறது. ஆனால், இதில் கீழ்க்கண்ட குறைபாடுகளும் உள்ளன: (அ) குவிமுகப்படுத்துதல் கற்றையின் செறிவை, அதாவது கற்றையிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்திருக்கிறது—கவசத்தின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதன் வாயிலாகக் கற்றையின் ஓட்டத்தை மாற்றினால் குவிமுகப்படுத்துதல் இழக்கப்படுகிறது; இந்தக் காரணத்தினால் இதனைத் தொலைக்காட்சிக்குப் பயன்படுத்த முடியாது; (ஆ) உயர்ந்த வேகங்களில் ஒதுக்கப்படும்போது குவிமுகப்படுத்துதல் சரியாக இருப்பதில்லை—ஒதுக்கப்படும்போது கற்றை ஒப்பீட்டில் மெதுவாக நகரும்போதுதான் நேர்மின் அயன உள்ளகம் கற்றைக்குள் இருக்கிறது. எனவே, ஒதுக்கும் தகடுகட்கிடையே உயர் அலைவெண் மின்னழுத்தம் இருக்கும்போது பொட்டுக் கூர்மையாக இருப்பதில்லை; (இ) இதன் வாழ்வெல்லை சிறியது. எதிர்மின் வாயானது கனமான நேர்மின் அயனிகளால் தாக்கப்படுவதால் எலெக்ட்ரானை வெளிவிடும் எதிர்மின் வாயின் செயல்திறமிக்க மேற்பரப்பு கணிசமான அளவு பாழடைகிறது. இதனால் குழாயின் வாழ்நாள் சில நூறு மணிகள்தாம் இருக்கும்.

மாற்றுமுறையான நிலைமின் குவிமுகப்படுத்துதல் அமைப்பில் (படம் 95) நேர்மின் வாய்க்கு ஒரு வட்டத் தகட்டினை மட்டுமே பயன்படுத்தாமல் அதற்குப் பதிலாக ஒன்றுக்கொன்று அதிகமான மின்னழுத்தங்களில் உள்ள பல நேர்மின் வாய்களின் வரிசை பயன்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 95. நிலைமின் குவிமுகப்படுத்தும் அமைப்பு

எல்லா நேர்மின் வாய்களின் மின்னழுத்

தத்தின் தொகுபயனுன நிலே மின்புலமானது எலெக்ட்ரான்களேக் குவியச் செய்யும் வகையில் ஒவ்வொரு நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தமும் சரிசெய்யப்படுகிறது. வழக்கமாக இரண்டு அல்லது மூன்று நேர்மின் வாய்கள் இருக்கும். இவை உண்டாக்கும் விளேவு வில்லேகள் (lenses) ஒளிக்கதிர்களேக் குவிமுகப்படுத்துவதற்கு ஒப்பாகும். இந்த அமைப்பு எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி (electron gun) எனப்படும். குவிமுகப்படுத்துதலானது நேர்மின் வாய்களின் மின்னழுத்தங்களின் ஒப்பீட்டு அளவியினுல் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. குவிமுகப்படுத்துதல் சிறப்பாக இரண்டாவது நேர்மின் வாய் A_2 விஞலேயே பாதிக்கப்படுகிறது ; அதே நேரத்தில் முதலாவது (A_1) இரண்டாவதன் மின்னழுத்தத்தில் கால்பகுதி அளவுடைய மாருத ஒரு மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப்படுகிறது. இவ்வகைக் குவிமுகப்படுத்தலில் குழாயினே முழுதும் வெற்றிடமாக்கலாம். இதனுல் எதிர்மின்வாய்க்கு நேர்மின் அயனிகளின் தாக்குதலினுல் எவ்விதக் கேடும் ஏற்படுவதில்லே. எனவே, குழாயின் வாழ்நாள் கணிசமாக அதிகரிக்கின்றது; வாழ்நாள் பல ஆயிரம் மணிகளாக இருக்கும். இவ்வகைக் குழாயின் மற்ற நன்மைகளாவன : (அ) எஞ்சியிருக்கும் வாயுவின் கனமான அயனிகள் இல்லாததால் மிக உயர்ந்த ஒதுக்கும் புலங்களுக்கும் சிறந்த குவிமுகப்படுத்துதல் கிடைக்கிறது. (ஆ) குவிமுகப்படுத்துதலேச் சாராமல் பொட்டின் பொலிவைக் கட்டுப்படுத்த இயலுகிறது. ஏனெனில், முதல் நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தம் மட்டிலுமே கற்றையின் ஓட்டத்தையும் அதனுல் பொட்டின் பொலிவையும் பாதிக்கிறது ; அதே நேரத்தில், குவிமுகப்படுத்துதல் இரண்டாவது நேர்மின் வாயின் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்துள்ளது. இந்தக் கடினக் குழாயிலுள்ள தலேயாய குறைபாடு என்னவெனில், தாழ்ந்த மின்னழுத்தங்களில் திருப்திகரமான முறையில் குவிமுகப்படுத்த முடியாதாகையால் மென்குழாயிலுள்ளதைவிட உயர்ந்த நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தங்களேப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது; வழக்கமாக, நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தம் 700-லிருந்து 2000 வோல்ட்டுகளுக்குள் இருக்கும். உயர்மின்னழுத்தம் பயன்படுத்தப்பட்டால் கூடவே உணர்திறம் குறையச் செய்யும். ஏனெனில், உயர்மின்னழுத்தங்களால் வேக வளர்ச்சி பெறும் எலெக்ட்ரான்கள் முன்னிலும் வேகமாகச் செல்லும். இதன் விளேவாக எலெக்ட்ரான்கள் ஒதுக்கும் புலத்தினுல் அவற்றின் பாதையிலிருந்து முன்னிலும் குறைந்த அளவிற்கே ஒதுக்கப்படுகின்றன. திரை முழுவதிலும் பொட்டு கூர்மையாகக் குவிமுகப்படுத்தப்பெற்று இருப்பதில்லே எனவும் கண்டறியப்பட்டது. ஆனுல், இக் குறைபாடுகள் தற்காலத்திய நிலேமின் குவிமுகப்படுத்தும் வகை அல்லது கடின வகை எதிர்முனேக் கதிர்க்குழாயில் பெருமளவில் நீக்கப்பெற்று விட்டன.

குழாய்க்கு வெளியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒரு சுருளில் உண்டாக்கப்பெறும் காந்தப் புலத்தினாலும் எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிமுகப் படுத்தலாமென்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். இம் முறை காந்தக் குவிமுகப்படுத்துதல் (magnetic focusing) எனப்படும். இது நிலைமின் குவிமுகப்படுத்தலில்லாத சில நன்மைகளைப் பெற்றுள்ளது. காட்டாக, குவிமுகப்படுத்தும் காந்தப் புலத்தின் செறிவையும் நிலையையும் கவனத்துடன் சரிசெய்து விட்டால் எலெக்ட்ரான் கற்றை மிகக் கூர்மையாகக் குவிமுகப் படுத்தப்பெறும். திரையின் முனைக் கோடிகளில் குவிமுகப்படுத்துதலில் இழப்பு ஏதுமிருக்காது. இந்த நன்மைகளின் காரணமாகக் காந்தக் குவிமுகப்படுத்துதலானது, திரை முழுவதிலுமே ஒரே அளவு கூர்மையாகக் குவிமுகப்படுத்துதல் பெரிதும் விரும்பப் படும் தொலைக்காட்சியில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(இ) ஒதுக்கும் அமைப்பு (Deflecting system): எதிர்முனைக் கதிர்களின் கற்றையை அது திரையை நோக்கிச் செல்லும் பாதையில் நிலைக்குத்தாகவோ அல்லது கிடையாகவோ ஒதுக்கலாம்; ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான தளங்களில் அமைக்கப் பட்டுள்ள இரு சோடித் தகடுகட்கிடையே (P_1-ம் P_2-ம்) நிலைமின்புலத்தை நிலைநாட்டுவதனால் இதனைச் செய்யமுடியும். இரு சோடி ஒதுக்கும் தகடுகளும் அவை ஒதுக்கும் திசையைக் கொண்டே வழக்கமாகப் பெயர்பெறுகின்றன. பொட்டினைக் கிடையாக ஒதுக்குகின்ற சோடி உண்மையில் நிலைக்குத்துத் தளத்தில் இருந்தாலும் கிடைதகடுகள் (horizontal plates) அல்லது X-தகடுகள் (X-plates) எனப்படும். அவ்வாறே, இரண்டாவது சோடி உண்மையில் கிடைதளத்தில் இருந்தாலும் அவை நிலைக்குத்துத் திசையில் ஒதுக்குவதால் அவை நிலைக்குத்துத் தகடுகள் (vertical plates) அல்லது **Y**-தகடுகள் (Y-plates) எனப்படும். பொட்டு உண்மையில் நகரும் திசை குழாயின் நிலையைப் பொறுத்திருக்கிறது என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும். எனவே, வழக்கமாக ஒதுக்கத்தைச் சரியான முறையில் ஒழுங்குபடுத்திக் கொள்வதற்கேற்ப இலேசாகச் சுழற்றக்கூடிய நிலையில் குழாய் பொருத்தப்படுகிறது. இரு சோடிகளும் உண்டாக்கும் ஒதுக்கங்கள் கிடையாகவும் நிலைக்குத்தாகவும் இருந்தே ஆக வேண்டுமென்றில்லாவிட்டாலும் அவை ஒன்றுக்கொன்று சரியாக நேர்கோணத்தில் இருக்கும்; அவை கிடையாகவும் நிலைக்குத்தாகவும் இருக்கவேண்டின் குழாயை இலேசாகச் சுழற்றி அவ்வாறு கொண்டுவரக்கூடும். ஒதுக்கும் தகடுகளின் நிலை குழாயின் உணர்திறனைப் பாதிக்கிறது. ஏனெனில், தகடுகள் கற்றைக்கு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு நெருங்கியுள்ளதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு கற்றையின் ஒதுக்கமும் அதிகமாக இருக்கும். இதனால்தான் தகடுகளை வெளியே அமைப்பது வசதியானதானாலும் குழாய்க்

குள்ளேயே அமைக்கப்படுகின்றன. எனினும், தகடுகளை மிகவும் நெருக்கமாக வைத்துவிடக்கூடாது ; ஏனெனில், அந்த நிலையில் ஒதுக்கப்பட்ட கற்றை தகட்டின்மீதே படலாம் ; பிறகு திரையினை அடைந்து ஒளிப்பொட்டினை ஏற்படுத்தாமலே போய்விடும்.

மின்காந்த ஒதுக்கிகள் (Electromagnetic deflectors) : மேலே விவரிக்கப்பட்ட நிலைமின் ஒதுக்கும் முறைக்கு மாற்றாக மின்காந்த முறையில் அதே விளைவினை ஏற்படுத்த முடியும். இம் முறையில் குழாயின் கழுத்திற்கு வெளிப்புறத்தில் கம்பிச் சுருள்கள் (coils) பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இத்தகைய அமைப்பு குழாயின் உட்புறத்தின் அமைப்பை எளிதாக்குகிறது ; ஏனெனில், குழாய்க்குள் ஒதுக்கும் தகடுகள் எவற்றையும் உள்ளே பொருத்த வேண்டியதில்லை. கிடை ஒதுக்கத்தையும் நிலைக்குத்து ஒதுக்கத்தையும் உண்டாக்குவதற்கு இரு சுருள்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும். உண்டாக்கப்படும் ஒதுக்கம் புலத்தின் வலுவைப் பொறுத்திருப்பதால் காந்தப்புலம் ஒரே சீரானதாக இருக்கவேண்டியது முக்கியம். சுருளில் பாயும் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னோட்டத்தினால் குழாயின் இரு பக்கங்களில் உண்டாகும் புலங்கள் வேறுபட்டவையாக இருந்தால் உணர்திறங்கள் வேறுபடுகின்றன. எனவே, சுருள்கள் குழாயில் சமச்சீருடன் (symmetrically) அமைக்கப்பட வேண்டும்.

(ஈ) குழாயின் அளவைகள் : சாதாரணமாக எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாய், கூம்பு வடிவத்திலுள்ள ஒரு நீண்ட கண்ணாடிக் குழாயாலானது ; அதன் அகன்ற முனையில் திரை இருக்கும். குழாயின் நீளமும் திரையின் விட்டமும் இடம், உணர்திறம், பொட்டின் பொலிவு போன்ற பல காரணிகட்கும் இணக்கமான முறையில் மிகக் கவனமாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட ஒதுக்கும் அமைப்பினை எடுத்துக்கொண்டால், குழாயின் நீளத்தை அதிகரித்து அதன் உணர்திறனை (sensitivity) அதிகமாக்கலாம். ஏனெனில், திரையின்மீது பொட்டு அடையும் இடப்பெயர்ச்சி ஒதுக்கிகளுக்கும் திரைக்குமிடையேயுள்ள தூரத்தையும் பொறுத்திருக்கிறது. ஆனால், குழாய் கூம்பு வடிவத்திலிருப்பதால் அதன் நீளம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு திரையின் விட்டமும் அதிகமாக இருக்கும் ; திரை எவ்வளவுக்கெவ்வளவு பெரிதாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு திரையின் மீதுள்ள சுவட்டின் பொலிவு குறையாமல் அதே அளவில் நிலைநிறுத்தத் தேவையான நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தமும் அதிகமாக இருக்கவேண்டும். ஏனெனில், ஒரு தனி ஒளிப்பொட்டு திரும்பத் திரும்ப முன்னும் பின்னுமாக விரைவுடன் இயங்குவதால் பார்வை நீடிப்பின் காரணமாக விழி

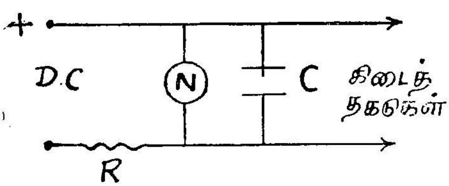
மாருட்டத் தோற்றத்தினுலேயே (illusion) சுவடு உண்டாவதால், பொட்டினுல் உண்டாகும் சுவடு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு நீளமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு சுவட்டின் தோற்றப் பொலிவானது (apparent brilliance) பொட்டில் உள்ளார்ந்த பொலிவு (intrinsic brilliance) அதிகரிக்கப்பட்டாலொழியக் குறைவாகவே இருக்கும். ஒளிர் திரையானது எலெக்ட்ரான் ஆற்றலை ஒளியாக மாற்றுவதனையே செய்வதால் எலெக்ட்ரான்களின் வேகத்தையும் ஆற்றலையும் அதிகரித்துப் பொட்டின் உள்ளார்ந்த பொலிவினை அதிகரிக்க முடியும். இப்போது, எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலை அதிகரிப்பதற்கு அவற்றை வேக வளர்ச்சியடையச் செய்யும் நேர் மின்வாய் மின்னழுத்தத்தை அதிகரிக்க வேண்டும். ஆனுல், நாம் முன்பே கூறியதுபோல வேலைசெய்யும் மின்னழுத்தத்தை அதிகரித்தால் உணர்திறம் குறைகிறது. எனவே, சுவட்டின் சரியான பொலிவைப் பெறுவதற்கு உணர்திறனுக்கும் இடத்திற்கும் இடையே இணக்கத்தை உண்டாக்க வேண்டும். கண்ணுக்குச் சில நிறங்கள் அதிக உணர்ச்சியுடையனவாக உள்ளதால் பொட்டின் பொலிவு பொட்டின் நிறத்தையும் பொறுத்துள்ளது என்பதனைக் கவனிக்க வேண்டும்,

அலைவு வரைவி வேலைகட்குப் பயன்படும் எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாய்கள் சாதாரணமாகத் திரையின் விட்டம் ஒன்றிலிருந்து ஆறு அங்குலங்களுக்குள்ளும், குழாயின் நீளம் திரையின் விட்டத்தைப் போல் இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்குகள் இருக்குமாறும் பல அளவுகளில் செய்யப்படுகின்றன; அதே நேரத்தில் தொலைக் காட்சி காரியங்களுக்கானவற்றில் இதனினும் பெரிய திரைகளும் நீண்ட குழாய்களும் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. ஏறத்தாழ 10 அங்குல நீளமும் மூன்றிலிருந்து நான்கு அங்குலங்களுக்குள் விட்டமுமுள்ள திரையையுடைய குழாய்கள் 1000 வோல்ட்டுகளில் செய்யும்போது திருப்திகரமான முடிவுகளைக் கொடுக்கின்றன. திரையின் உட்புறத்தில் பூச்சிடுவதற்கு ஒளிர்பொருளாக நாக சிலிகேட் (zinc silicate) [வில்லெமைட் (willemite)] வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது பொலிவு மிக்க பச்சைப் பொட்டினைக் கொடுக்கிறது. இது மனிதக் கண்ணின் நிற உணர்ச்சியின் பெருமத்திற்குக் கிட்டத்தட்ட இயைந்திருப்பதால் எளிதாகப் புலனுகும். காட்மியமும் (cadmium) கால்சிய டங்ஸ்டேட்டும் (calcium tungstate) நீல ஒளியைக் கொடுக்கின்றன. இது சுவட்டினை ஒளிப்படமெடுக்கும்போது பயன்படும்.

எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி வேலை செய்தல்—கால-அடிவரை (Time-base): எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி பயன்படுத்தப்படும் பல காரியங்களுக்குப் பொட்டின் ஒருதிசை இயக்கம்

(வழக்கமாகக் கிடை இயக்கம்) நேரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்க வேண்டியுள்ளது. இதற்காகப் பயன்படும் அமைப்பு ஒருபடி கால அடிவரை (linear time-base) எனப்படும். இச் சாதனத்தைக் கையாள்வதில் திரையில் கிடைக்கும் எந்தக் கோல அமைப்பின் அடிக் கோட்டையும் காலத்தைக் குறிக்கும் அச்சாகக் (time-axis) கருதலாம்; அந்தக் கோல அமைப்பே காலத்தோடு மாறுபடுகின்ற ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் அளவினுடைய உண்மையான பதிவாக இருக்கும்.

படம் 96-ல் காட்டப்பட்டுள்ள, யாவினும் எளிய கால அடிவரையானது ஒரு நியான் விளக்கின் (N) முனைகளுக்குக் குறுக்கே ஒரு மின்னேற்பியை (C) வைத்து, ஒருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாயிலிருந்து R எனும் ஒரு மின்தடையின் வழியாக மின்னேற்பிக்கு மின்னேற்றம் கொடுத்து அதனைப் பிறகு நியான் விளக்கு வழியாக மின்னிறக்கம் செய்வதனுல் அமைக்கப்படுகிறது. ஒருதிசை மின்னோட்டத்தைத் தொடங்கும்போது மின்னேற்பியின் குறுக்கே



படம் 96. எளிய கால அடிவரைச்சுற்று

யுள்ள மின்னழுத்தம் நியான் விளக்கை எரியச்செய்யப் போதுமான அளவினை எட்டும் வரையில் மின்னேற்றம் பெறுகிறது. இது வழக்கமாக 150 வோல்ட்டுகள் எனும் வரிசையில் இருக்கும். எனவே, ஒருதிசை மின்னோட்ட ஊற்றுவாயின் மின்னழுத்தம் இதைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்கவேண்டும். நியான் விளக்கு ஒளிவீசும்போது மின்னேற்பியைக் குறுக்குச் சுற்றுக்குகிறது (short -circuits); எனவே, இது விளக்கின் வழியாக மின்னிழக்கின்றது. அப்போது விளக்கு அணைகிறது. இச் செயல்முறை மீண்டும் மீண்டும் தொடர்கிறது; விளக்கு ஒழுங்கான கால இடைவெளிகளில் விட்டுவிட்டு ஒளி வீசும். இந்தக் கால இடைவெளி மின்தடை, மின்னேற்புத் திறன் ஆகியவற்றின் பெருக்குத் தொகையைப் பொறுத்திருக்கும். மின்தடையும் மின்னேற்புத் திறனும் பெரிதாக இருந்தால் ஒளி வீசுதலின் வீதம் குறைவாக இருக்கும். Cஐ மாற்றுமல் வைத்துக் கொண்டு மின்தடை R-ன் மதிப்பை மாற்றுவது வழக்கம். இதனைக் கால அடிவரையாகப் பயன்படுத்தும்போது மின்னேற்பியின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தம் தான் எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயின் கிடைத்தகடுகட்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. மின்னேற்பி மின்னேற்றம் பெறும்போது

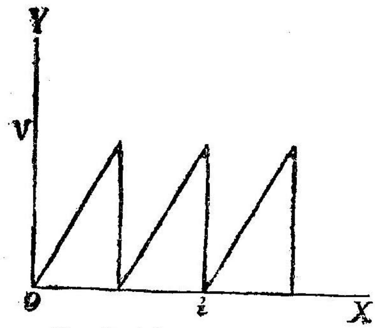
திரையின் மீதுள்ள பொட்டு மெதுவாகக் கிடைதிசையில் நகருகின்றது. இது மின்னேற்பி மின்னேற்றம் பெறுகின்றவரையில் நடக்கின்றது. அதற்குப் பிறகு நியான் விளக்கின் வழியாக மின்னிழக்கும்போது பொட்டு கணப்போதில் உடனடியாகப் புறப்பட்ட இடத்திற்குத் திரும்பி வந்து சேருகிறது. இவ்வாறு பொட்டு வீசிச்செல்வது விளக்கு விட்டுவிட்டு ஒளிவீசும் விதத்தில் திரும்பத் திரும்ப நிகழ்கின்றது.

கால அடிவரையின் அலைவெண்ணைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம் : மின்னேற்றம் ஒருபடித்தானது (linear) எனத் தற்புனைவாகக் கொள்ள, E என்பது மின்னேற்பியின் மீதுள்ள மின்னேற்றமானால், $Q = it$. இங்கே t என்பது மின்னேற்றுவதற்கான நேரம். நியான் விளக்கினைத் தூண்டுவதற்குத் தேவையான மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமான மின்னேற்பியின் மீதுள்ள மின்னழுத்தம் V ஆனது $V = Q/C$ என்பதிலிருந்து கிடைக்கிறது. எனவே $t = Q/i = VCR/E$; அலைவெண் $f = 1/t = E/VCR$. கால அடிவரையின் அலைவெண்ணை C, R ஆகியவற்றின் மதிப்புகளை மாற்றுவதன் வாயிலாகச் சில குறிப்பிட்ட எல்லைகட்குள் மாற்றலாம்.

அலைவுகளை, குறிப்பாக ரேடியோத் தொழில் நுணுக்கத்தில் நாம் எதிர்கொள்ளும் மிக உயர்ந்த அலைவெண்ணுடைய அலைவுகளை ஆராய்வதில், சோதனைக்குள்ளாகியிருக்கும் அலைவுகளின் அலைவெண்ணோடு கால அடிவரையின் அலைவெண்ணை நிகழ்வொருமையோடு விளங்குமாறு செய்யவேண்டும் (synchronise). இதற்குப் பொட்டு கிடைகோட்டில் வீசிச்செல்லும் நேரம் சோதனைக்குட்பட்டிருக்கும் அலைவுகளின் அலைவு நேரத்தின் பெருக்கங்களாக இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இவ்வாறு செய்துவிட்டால் பல சுவடுகள் ஒன்றித்து (coincide) விடும் ; திரையின்மீது நிலையான ஓர் அலை இருப்பதாக நாம் உணர்வோம் : ஆனால், உண்மையில் இது மிகப்பல அலைகள் ஒன்றன்மீதொன்றாகப் பொருந்துவதனால் உண்டாகும் கூட்டு விளைவே.

நிறைநிலையாக்கிய இருமுனைக் குழாய் (Saturated diode), தைரட்ரான் அடிவரை : ஓர் இலட்சியக் கால அடிவரை அமைப்பானது பொட்டு திரையின் குறுக்கே வீசிச் செல்லும்போது நேரத்தோடு ஒருபடித்தாக அதிகரிக்கும் மின் இயக்குவிசையைக் கிடைதகடுகளுக்குக் கொடுக்கவேண்டும் ; மேலும், பொட்டு திரையின் கோடியிலிருந்து உடனடியாகச் சுழிநிலைக்குத் திரும்பச் செய்யவேண்டும் ; மின்னழுத்த-நேர வளைகோடு படம் 97-ல்

காட்டியுள்ளதுபோல் ரம்பப் பல் வகையினதாக இருக்கவேண்டும். ஆனால், மேலே விவரித்த மின்னேற்றி சாதாரண மின்தடையின் வழியாக மின்னிழக்கும் கால அடிவரைச் சுற்று சற்றும் பிறழாத ஒருபடி நிலையைப் பூர்த்திசெய்வதில்லை. ஏனெனில், $q = q_0 (1 - e^{-t/CR})$ எனும் தொடர்பிலிருந்து காண்பதுபோல மின்னேற்றும் வீதம் மாறாததன்று. முதலில் மின்னேற்றியின் வழியாக மின்னோட்டம் வேகமாகப் பாய்கின்றது, ஆனால், அதன் பிறகு மின்னேற்றும் வீதம் குறைந்துவிடுகிறது. மின்னேற்றுதல் எக்ஸ்பொனென்ஷியல் வடிவிலுள்ள ஒரு வளைகோட்டினால் குறிக்கப்படுகிறதேயல்லாமல் நேர்கோட்டினாலன்று. 1/CR நேரம் கடந்ததன் பின்னர் அது அதன் மொத்த மின்னழுத்தத்தில் 65% ஐப் பெறுகிறது; 3/CR நேரத்தில் 95% பெறுகிறது.



படம் 97- இலட்சிய ஒருபடிகால அடிவரை

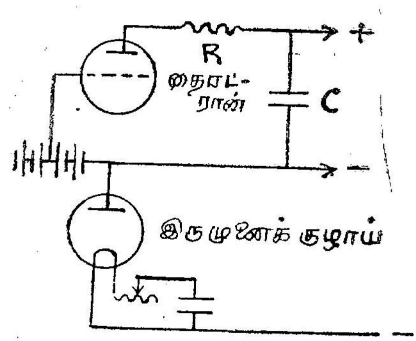
இவ்வாறு மின்னேற்றியின் மின்னழுத்தம் சீரற்ற முறையில் அதிகரிப்பதால் பொட்டு திரையின் குறுக்கே ஒரே சீராக நகர்வதில்லை. எனவே, தொகுபயனான கோல அமைப்பு ஏற்றத்தாழ்வாக இடைவெளிவிட்டு அமைகின்றது. இந்த ஒருபடித் தாயில்லாமையினைத் திருத்துவதற்கான முறைகளில் ஒன்று மின்னேற்றியினை நிறைநிலையாக்கிய இருமுனைக் குழாய் போன்ற ஏதேனுமொரு மாறா மின்னோட்டச் சாதனத்தின் வழியாக மின்னிழக்கச் செய்வதாகும். இந்த இருமுனைக் குழாய் ஒரு குறைந்த இழை வெப்பநிலையில் வேலை செய்கிறது. இதனால் வெப்ப மின்துகள் ஓட்டம் ஏறத்தாழ 20 வோல்ட்டுகள் எனும் மிகத் தாழ்ந்த மின்னழுத்தத்திலேயே நிறைநிலையை யடைகிறது. மின்தடை R-ன் இடத்தில் இந்த நிறைநிலையாக்கிய இருமுனைக் குழாயினைப் பயன்படுத்தினால் மின்னேற்றியில் சற்றும் மாறாத மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. எனவே, மின்னேற்றி அதன் முழு மின்னேற்றமாகிய 20 வோல்ட்டுகள் வரையில் ஒரே சீரான வீதத்தில் மின்னேற்றம் பெறவேண்டும். இவ்வாறாக, கிட்டத்தட்ட மின்னேற்றியின் முழு மின்னழுத்தம் வரைக்கும் ஒருபடி கால அடிவரையினைப் பெறக்கூடும். மின்னேற்ற வீதம் இருமுனைக் குழாயில் நிகழும் வெப்ப மின்துகள் வெளியீட்டினால் நிச்சயிக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு இழையின் வெப்பநிலையினை மாற்றுவதால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. எனவே, இதற்கு நேராகச் சூடாக்கப்படும் தோரியமிட்ட இழையினை

யுடைய மின்குழாய் தேவைப்படுகிறது. ஐம்முனைக் குழாயையும் இதற்குப் பயன்படுத்தலாம். ஐம்முனைக் குழாயின் ஒதுக்குவாய் அல்லது இடைவாயின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதனால் மின்னேற்றும் மின்னோட்டத்தை எளிதாகக் கட்டுப்படுத்தலாம். இது ஒரு கூடுதலான நன்மையாகும். மின்னேற்பிக்கு மின்னேற்றுவதற்கு நிறைநிலையாக்கிய இருமுனைக் குழாயையோ ஐம்முனைக் குழாயையோ பயன்படுத்தும்போது கால அடிவரையின் அலைவெண் $f = i/CV$ என்பதால் கொடுக்கப்படுகிறது. இங்கே i என்பது மின்னேற்றும் மின்னோட்டம், C என்பது மின்னேற்பியின் மின்னேற்புத்திறன், V என்பது மின்னேற்பியின் மின்னழுத்தம்.

எளியவகைக் கால அடிவரைச் சுற்றில் மின்னேற்பியைக் காலந்தரமாக மின்னிழக்கச் செய்வதற்கு ஒரு நியான் விளக்கு பயன்படுத்தப்பெறுகிறது. ஆனால், இந்தக் காரியத்திற்கு ஒரு தைரட்ரானைப் (Thyratron) பயன்படுத்துவது மிகவும் அநுகூலமானது. ஏனெனில், கால அடிவரைக்கும் சோதனைக்குள்ளாகியிருக்கும் வேலைக்குமிடையே நிகழ்வொருமையை எளிதாகவும் தானாகவும் செய்யமுடியும். ஓர் அஞ்சலாகப் பயன்படும் தைரட்ரான் மின்னேற்பியின் குறுக்கே இணைக்கப்படுகிறது. தகுந்த ஒரு மின்னழுத்தம் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்பெறும்போது தகட்டு மின்னழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுதான மதிப்பை அடையும் வரையில் மின்னோட்டம் ஏதும் பாய்வதில்லை, தைரட்ரானின் குறுக்கே மின்னிழப்பு ஏதும் நடக்க முடியாது. தகட்டு மின்னோட்டம் பாய ஆரம்பித்துவிட்டால் தைரட்ரானிலுள்ள வாயு அயனியாக்கம் பெறுவதால் மின்னோட்டம் சடுதியில் உயர்கின்றது; மின்னேற்பி மிகவிரைவாக மின்னிழக்கிறது.

நிறைநிலையாக்கிய இருமுனைக் குழாய் தைரட்ரான் அடிவரைச் சுற்று படம் 98-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நிறைநிலையாக்கிய இருமுனைக் குழாய் மின்னேற்பிக்கு மின்னேற்றும்போது மின்னேற்பியின் மின்னழுத்தமும் அதனால் தைரட்ரானின் தகட்டு மின்னழுத்தமும் ஒரு சீரான வீதத்தில் அதிகரிக்கின்றன. இது மாறுதான மின்னழுத்தத்தை அடையும்வரையில் நிகழும். மாறுதான மின்னழுத்தத்தை அடையும்போது தைரட்ரான் மின்னிழப்பு ஏற்பட அனுமதித்துவிட்டுச் செயலிழந்து விடுகிறது. ஏனெனில், மின்னேற்பி மின்னிழத்தலால் தகட்டு மின்னழுத்தம் அனேகமாகச் சுழியாகக் குறைத்து விடுகிறது. மின்னேற்றும் செயல்முறை மீண்டும் தொடங்கி மின்னேற்பி மீண்டும் தைரட்ரான் வழியாக மின்னிழக்கும்வரையில் நடைபெறுகின்றது. இச் செயல் முறை

மிகவும் ஒழுங்காகத் திரும்பத்திரும்ப நிகழ்கிறது. மின்னேற்பியின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தத்தைக் கிடைதகடுகளுக்குக் கொடுக்க, மின்னேற்றும் நேரத்தில் பொட்டு இம் மின்னழுத்தத்துடன் ஒத்திசைவாக (unison) கிடைகோட்டில் நகருகின்றது; மின்னிழப்பின்போது பொட்டு தன் பழைய நிலைக்குப் பறந்து வருகின்றது. தகட்டுச் சுற்றில் வழக்கமாக ஒரு காப்புத்தடை (safety resistance) (R) சேர்க்கப்பட்டிருக்கும். இது மின்னோட்டம் அளவுக்கு மிஞ்சிப் பாயாமல் தடுக்கிறது. மின்னோட்டம் அளவுக்கு விஞ்சினால் மிகையான அயனத் தாக்குதலால் எதிர்மின்வாய் கேடுறும். எனினும் R–ன் மதிப்புச் சிறிதாக இருக்கவேண்டும். இல்லாவிடில் பொட்டு பின்னாகப் பறந்துவரும் செயல் மெதுவாகும். ஆனால், பொட்டு வீசிச் செல்லும் கோடியிலிருந்து சுழிநிலைக்கு இயன்ற அளவு குறைந்த நேரத்தில் திரும்பி வருவது பெரிதும் விரும்பத்தக்கது.



படம் 98. இருமுனைக்குழாய் தைட்ரான் கால அடிவரைச் சுற்று

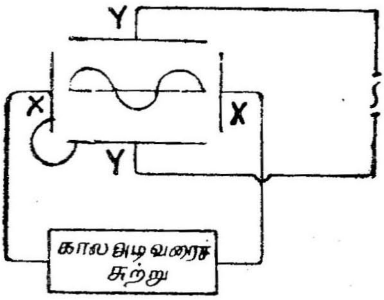
தைரட்ரானைப் பயன்படுத்துவது கால அடிவரையினைச் சோதனைக்குள்ளாகும் காலாந்தர அளவுடன் நிகழ்வொருமை பெறுமாறு செய்யும் எளிய, தானியங்குமுறை ஒன்றினைக் கொடுக்கிறது. நிகழ்வொருமை செய்தல் என்பது மிகவும் இன்றியமையாத ஒரு காரணி. ஆனால், அதனைப் பெறுதல் அதுவும் குறிப்பாக ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் அலைவெண் சற்றும் வழுவாத நிலைத்த தன்மையுடையதாக இல்லாதபோது மிகவும் கடினம். ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் மின்னழுத்தத்தின் ஒரு பகுதியினைத் தைரட்ரானின் இடைவாய்க்குக் கொடுப்பதனால் திருப்திகரமான முறையில் இதனைச் செய்ய முடியும். இதன் விளைவாக இடைவாய் மின்னழுத்தம் அதன் வழக்கமான மின்னழுத்தத்திற்குச் சற்று மேலும்கீழுமாக மாறுகிறது. இதனால் தொடக்கும் மின்னழுத்தமும் (firing voltage) லேசாக மாறுகிறது. முழு அலையின் முடிவில் தொடக்கும் மின்னழுத்தத்தை அடையுமாறு மின்னேற்பிக்கு மின்னேற்றும் வீதம் சரிசெய்யப்பட்டிருந்தாலும் உண்மையில் சரியான தொடக்கும் நிலையில் மின்னேற்பி அந்த மதிப்பினை அடையாத வகையிலே இது மெதுவாகப் போகிறது எனக்கொள்வோம். ஆனால், தொடக்கும் மின்னழுத்தமே நிலையானதாயில்லாமல் மாறு

வதால் தைரட்ரான் மின்னேற்பியின் மின்னழுத்தத்திற்கேற்பத் தானுகவே சரிசெய்து கொள்கிறது ; மின்னிழப்புச் சற்று ஒவ்வாமல் காலத்தால் விலகி நிகழலாம். அனேகமாக இது தொடக்கத்தில் ஏற்படலாம். ஆனுல், அதன் பின்னர் அலையின் அலைவு நேரத்திற்குச் சமமான ஒழுங்கான இடைவெளிகளில் நிகழ்கிறது. இதனுல் கோல அமைப்பு நிலைத்திருக்கிறது; இது நிகழ்வொருமை பெறப்பட்டுவிட்டதென்பதனைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது. இக்காரியத்திற்காக இடைவாயில் நுழைக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் அளவு தைரட்ரானின் பெருக்கற்பல எண்ணையும் தொடக்கும் மின்னழுத்தத்தையும் பொறுத்துள்ளது. இது எவ்வாருயினும் அது சிறிதாக இருக்கவேண்டும். இல்லாவிடில் பொட்டு நகருவது சீராக இருக்காது, கோல அமைப்பு திரிபடையும். எனவே, கால அடிவரையின் அலைவெண் போதுமான அளவு திருத்தத்துடன் இருக்கவேண்டும் ; கோல அமைப்பை நிலைத்து இருக்கச் செய்யப் போதுமான அளவு நிகழ்வொருமை செய்யும் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படவேண்டும். தைரட்ரான் கால அடிவரை 50 கிலோ சுழற்சிகள் வரையில் திருப்திகரமாக வேலை செய்கிறது. இதற்கு வரம்பு கட்டும் காரணி தைரட்ரானிலுள்ள வாயு மின்னிழப்பிற்குப் பின்னுல் அயனி இறக்கம் பெறுவதற்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமேயாகும். இதனினும் உயர்ந்த அலைவெண்களுக்குத் தனியான கடினக் குழாய்க் கால அடிவரைகள் பயன்படுத்தப்படவேண்டும்.

எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியின் பயன்கள் : எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயைக் கையாளக் கூடிய பல்வேறு பயன்களை முதன்மையான இரு தலைப்புகளின்கீழ் வகைப்படுத்தலாம். அவையாவன : அலைவு வரைவி வேலை, தொலைக்காட்சி. இரண்டாவதனைப் பிந்தையப் பகுதி ஒன்றுக்குத் தள்ளி வைத்துவிட்டு எளிய, கவர்ச்சியான அலைவு வரைவிப் பயன்கள் சிலவற்றைச் சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

(1) அலைவுறும் மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தம், எந்திர அதிர்வுகள், ஒலி அதிர்வு போன்ற மாறுகின்ற அளவின் வீச்சினைக் கண்டுபிடித்தல். இதற்கு, ஒதுக்கும் அமைப்பின் ஒரு சோடி மட்டிலும் போதுமானது. ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் மாறும் அளவு தக்க முறையில் அதற்கியைந்த மின்னழுத்த மாறுபாடாக மாற்றப்பட்டு X அல்லது Y தகடுகட்குக் கொடுக்கப்படும். அப்போது திரையின் மீதுள்ள பொட்டு கிடையான அல்லது நிலைக்குத்துத் திசையின் ஊடே நகரும். பார்வையின் நிலைத்ததன்மையினுல் ஒரு கோடு ஏற்படுவதாகக் காணப்படும் பொட்டின் தொடக்கநிலைக்கும் சுவட்டின் முனைக்கோடிக்கும் (extremity) உள்ள தூரம் ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் அதிர்வின் வீச்சினைக் கொடுக்கும்.

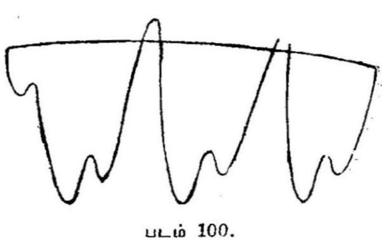
(2) இருதிசை மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தம், ஒலி போன்ற காலாந்தர அமைதிக் குலேவினுடைய உண்மையான அலை வடிவத்தை வரைதல். ஒரு மின்சுற்றிலுள்ள (electric circuit) மின்னழுத்த அலைவுகளின் அலை உருவத்தை வரைய வேண்டு மெனக் கொள். இந்த மின்னழுத்தம் Y-தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது ; அதே நேரத்தில் தகுந்த கால அடிவரைச் சுற்று ஒன்று X-தகடுகட்குப் படம் 99-ல் காட்டியுள்ளதுபோல் இணைக்கப்படுகிறது. ஆய்வுக்குட்பட்டிருக்கும் மின்னழுத்தம் மட்டிலும் கொடுக்கப்பட்டால் பொட்டு நிலேக்குத்துத் திசையில் ஒரு நேர்கோட்டினை வரையும். அவ்வாறே, கால அடிவரை மின்னழுத்தம்



படம் 99.

மட்டிலும் கொடுக்கப்பட்டால் பொட்டு திரையின் குறுக்கே கிடையான திசையில் ஒரு சீரான வேகத்தில் வீசிச்சென்று பின்பு திடீரென விரைந்து புறப்பட்ட இடத்திற்குப் பறந்து வரும். ஆனால், இரண்டும் சேர்ந்த ஆட்சியினால் ஒருங்குநிகழ்வு கிடைக்கிறது ; தேவையான அலேஉருவத்தைக் கொடுக்கும் ஒரு நிலேத்த சுவடு கிடைக்கிறது.

கால அடிவரைச் சுற்றின் அலேவெண் தெரிந்தால், அலேவுறும் சுற்றின் அலேவெண்ணே நிச்சயித்துவிடலாம். காட்டாக, கால அடிவரையின் அலே வெண் ஆராயப்படும் அலேவுகளின் அலே வெண்ணில் சரியாக மூன்றில் ஒரு பகுதி இருக்கும்போது திரையின் மீது கிடைக்கிற நிலேத்த சுவடு சற்றேறக் குறைய படம் 100-ல் காட்டியுள்ளது போலிருக்கும். சுவட்டிலுள்ள கிடைகோடானது அடிவரை விரைந்து திரும்பிப் பறந்துவருவதால் உண்டாவதாகும்.



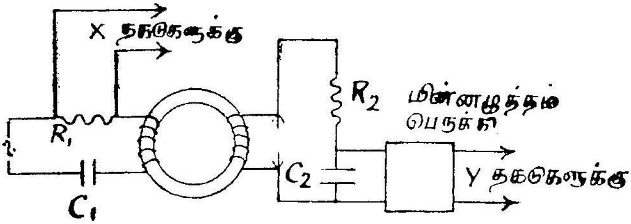
படம் 100.

(3) அலேவுறும் சுற்றிலுள்ள மின்னழுத்தம், மின்னோட்டம் ஆகியவற்றினிடையேயுள்ள அதிர்வுநிலே வேறுபாடு போன்ற ஒரே அமைதிக் குலேவின் பலவேறு தற்சிறப்புப் பண்புகளே ஆராய்தல். இதற்கு இரு அளவுகளில் ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு

சோடி ஒதுக்கும் தகடுகளின்மீது தொழிற்படுத்தப்படுகிறது. வெறும் மின்பொருண்மை மட்டிலுமேயுள்ள சுற்றில் பெறப்படும் சுவடுகள் [சாய்ந்த அச்சுடைய நீள்வட்டம் (ellipse)] மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்திற்கு 90° பின்தங்கியுள்ளது என்பதனைக் காட்டுகின்றன.

(4) தெரிந்த அலைவெண்ணைக் கொண்டு ஒப்பீட்டு முறையில் தெரியாத அலைவெண்ணைக் கண்டுபிடித்தல். இருதிசை மின்னோட்டம் ஒன்றின் அலைவெண்ணை ஆராய வேண்டியுள்ளதெனக் கொள். தெரிந்த அலைவெண்ணை உடைய ஓர் இருதிசை மின்னோட்டம் ஒரு சோடித் தகடுகட்குக் கொடுக்கப்பெற்றுத் தெரியாத அலைவெண் தோற்றுவாய் மற்றொரு சோடிக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. பொட்டு ஒரு குறிப்பிட்ட கோல அமைப்பை வரையும்; இதனை ஒளிப்படமெடுத்துக் கொள்ளலாம். கோல அமைப்பினைப் பகுத்தாராய்ந்து தெரியாத அலைவெண்ணைத் தெரிந்ததன் உறுப்புகளாகப் பெறமுடியும். அலைவெண்களில் ஒன்று மற்றதன் சிறிய பெருக்கமாகவோ ஈவாகவோ (sub-multiple) இருந்தால் சுவடுகள் லிஸ்ஸாஜூவெஸ் படங்கள் (Lissajous' figures) எனப்படும் தரக்கோல அமைப்புகளாக இருக்கும். அத்தகைய ஒரு நிலையில், கோல அமைப்பு நிலைத்ததாக ஆகின்றவரையில் தெரிந்த அலைவெண் சரிசெய்யப்படுகிறது ; தெரியாத அலைவெண்ணைத் தெரிந்த அலைவெண்ணின் பெருக்கமாகவோ ஈவாகவோ பெறலாம்.

(5) காந்தப் பின்னடைவுக் கோட்டினை வரைதல்: ஓர் இரும்புத் துண்டு காந்த ஏற்றத்தின் முழுச் சுழற்சிக் குட்படுத்தப்படும் போது எதிர்கொள்ளும் காந்தப் பின்னடைவு வளையங்களை (hysteresis loops) கீழ்க்கண்டவாறு ஓர் எதிர்முனைக் கதிர்க்



படம் 101. B – H கோட்டினை வரையப்பயன்படும் சுற்று

குழாயின் திரையில் எளிதாக வரையலாம். இக் காரியத்திற்கு ஏற்ற சுற்றுப் படம் 101-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வளைய வடிவிலுள்ள பொருளுக்குக் காந்த ஏற்றம் கொடுக்கும் இருதிசை மின்னோட்டம் காந்தமேற்றும் விசை H-ன் ஓர் அளவாக இருக்கிறது.

எனவே, எதிர்முனைக் கதிரின் கிடைஒதுக்கம் இதற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்குமாறு செய்யவேண்டும். இதனைச் செய்வதற்குக் காந்தமேற்றும் சுருளுடன் தொடர்நிலையாக ஒரு மின்தடை R_1 சேர்க்கப்பட்டு, அதன் குறுக்கே ஏற்படும் மின்னழுத்தம் பெருக்கப்பட்டு (தேவையானால்) X-தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. ஆய்பொருளில் ஏற்படும் காந்தத் தூண்டுதல் (induction) மாற்றம் அதே சலாகையின் (core) மீதுள்ள துணைச்சுற்றில் தூண்டப்படும் இருதிசை மின்னழுத்தத்தினால் (V) அளக்கப்படுகிறது. திருத்தமான முடிவுகளைப் பெறுவதற்குத் துணைச்சுற்றுகள் சிறிதாக இருக்கவேண்டும், அவை காந்தமேற்றும் சுருள்களின் பாய்விற்கு (flux) வெளியே வைக்கப்பட வேண்டும்; அப்போது தான் ஆய்பொருளின் காந்தத் தூண்டுதலுக்கு மட்டிலும் எதிரளிக்கும் மின்னழுத்தம் V ஆனது காந்தத் தூண்டுதல் மாறும் வீதத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருப்பதால், இதனை B-க்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும் ஒதுக்கத்தினைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு V-யினை முழுமைப் படுத்தவேண்டும் (integrate). துணைச்சுற்றினைப் பெரிய மின்தடை R_2 -ம், மின்னேற்பி C_2 -ம் உடைய சுற்றின் பகுதியாகச் செய்வதன் வாயிலாக இது செய்யப்படுகிறது. இச் சுற்று தூண்டும் மின்இயக்கு விசையைக் காந்தமேற்றும் மின்னோட்டத்துடன் ஒரே அதிர்வு நிலையில் இருக்கச் செய்கிறது. C_2-ன் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தம் பெருக்கப்பட்டபின் நிலைக்குத்துத் தகடுகளுக்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. அப்போது பொட்டு வழக்கமான B-H கோட்டினை வரைகிறது. இக் கோடு வளைய வடிவிலுள்ள ஆய்பொருளின் காந்தப் பின்னடைவின் விளைவைக் காட்டுகிறது. காந்தமேற்றும் மின்னோட்டம் இரும்பு வளையத்தினை நிறைநிலையாக்கப் போதுமானதாக இல்லாவிடில் வரையப்படும் வளைகோடு வழக்கமான காந்தப் பின்னடைவு வளையத்தின் தோற்றத்தினைக் கொடுக்காதென்பதனையும் சற்றே திரிபடைந்த நீள்வட்டத்தைக் கொடுக்குமென்பதனையும் கவனிக்க வேண்டும்.

எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியின் வேறு சில கவர்ச்சியான பயன்களாவன: ஒரு பெருக்கியின் உள்ளிடும் மின்னழுத்தத்தையும் வெளிப்படும் மின்னழுத்தத்தையும் ஒப்பிடுதல்; உயர் அலைவெண், தாழ் அலைவெண் சுற்றுகளின் எதிரளிப்பு வளைகோடுகளை (response curves) வரைதல், ரேடியோ ஏற்றலில் ரேடியோ அலைகள் பரப்பப்படுதலைப் பாதித்து மங்குதலை விளைவிக்கிற கென்னலி-ஹெவிசைடு E-படலம் (Kennely-Heaviside E-layer) ஆப்பிள்டன் F-படலம் (Appleton F-layer) ஆகியவற்றின் உயரங்களை அளத்தல், ராடார் அமைப்புகள், நுண்அலை நிறமாலை அளவி, மின்மாற்றியின் காந்த ஏற்றத்தை ஆராய்தல், எந்திரங்

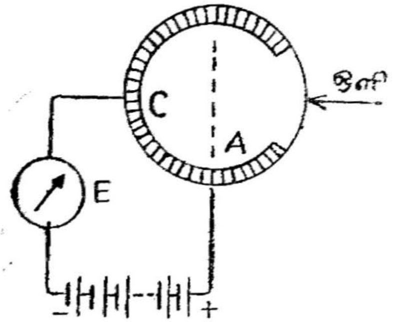
களில் அதிர்வுகள், உள் எரி எந்திரங்களின் (internal combustion engines) விளக்கப்படங்கள், கட்டடங்களில் எதிரலை பாய்வு களால் (reverebrations) உண்டாகும் எதிரொலித் தொனிகள், மின்னுக்கிகள் (generators), மோட்டார்கள் (motors) ஆகியவை ஓடிக்கொண்டிருக்கும்போதுள்ள குறைபாடுகள், இதயத் துடிப்பு கள், நரம்பு எதிர்வினைகள் (nervous reactions) ஆகியவற்றை ஆராய்தல் போன்ற பலவாகும்: இவ்வாருக, பௌதிக அறிஞர் கள், பொறியாளர்கள் (engineers), மருத்துவர்கள் ஆகியோர்க்கு எதிர்முனைக்கதிர் அலைவு வரைவி பெருமளவில் பயன்படுகிறது; இது ஆராய்ச்சிச் சோதனைக் கூடங்களில் எப்போதும் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

3. ஒளி மின்கலங்கள்

ஒளி மின்கலம் என்பது ஒளியை மின் ஆற்றலாக மாற்றும் ஒரு சாதனமாகும். மின்கலங்கள் யாவும் ஒளி மின்வெளியீடு எனும் பொதுவான விளைவின் அடிப்படையில் அமைந்திருந்தா லும், அவை அமைக்கப்படும் பலவேறு தத்துவங்களுக்கேற்பப் பல வேறு வகை ஒளி மின்கலங்கள் உள்ளன. இவ்வாருக, நாம் வெளிவிடும் ஒளி மின்கலங்கள் (emission cells), நிவர்த்திக்கும் ஒளி மின்கலங்கள் (rectifier cells), கடத்தும் ஒளி மின்கலங்கள் (conductivity cell) என்பனவற்றைப் பெற்றிருக்கிறோம். இவை வெவ்வேறு தத்துவங்களில் செயல்படுகின்றன. வெளிவிடும் ஒளி மின்கலமானது புற ஒளிமின் விளைவின் அடிப்படையில் அமைந்தது. இதனை வெற்றிட வகை, வாயு நிரப்பிய வகை என மேலும் இரண்டாகப் பிரிக்கலாம். நிவர்த்திக்கும் ஒளி மின்கலமும் கடத்தும் கலமும் உள்ஒளி மின்விளைவின் அடிப்படையில் அமைந்தவை.

வெளிவிடும் ஒளி மின்கலம்: (இதில் ஒளி எலெக்ட்ரானை வெளி விடும் பொருளாகக் கார உலோகங்கள் பயன்படுத்தப்படுவதால் இது கார உலோக ஒளி மின்கலமெனவும் வழங்கப்படும்). இது ஒரு கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்ஸ் குழாயால் ஆனது. இதன் உட்பக்க மேற்பரப்பு மின்னாற்பகுப்பு முறையால் (electrolysis) பொட்டாஷியம் (potassium), ருபிடியம் (rubidium), ஸீசியம் (caesium) போன்ற கார உலோகம் ஒன்றினால் பூச்சிடப்பட்டுள்ளது. மேலும், உலோகம் பலவேறு வழிகளில் உணர்ச்சியுடையதாக ஆக்கப்படுகின்றது. காட்டாக, விண்மீன் நிறமாலை (stellar spectra) ஆராய்வில் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படும் பொட்டாஷியம் அல்லது கிளாரெண்டன் ஒளி மின்கலத்தில் (clarendon cell) உலோகம் நீரக வாயுவினால் பாவிக்கப்படுகிறது (treated).

இதனால் உணர்ச்சிமிக்க மேற்பரப்பு உண்மையில் ஒரு பொட்டாஷியம் ஹைட்ரைட் (potassium hydride) படலமாகவே ஆகிவிடுகிறது. வெள்ளொளியைக் (white light) கண்டுபிடிப்பதற்கு ஸீசிய ஆக்சைடினால் கவியப்பெற்ற வெள்ளி அடித்தளத்தின்மீது படிய வைக்கப்பெற்ற ஒரு ஸீசியப் படலத்தையுடைய பல சேர்ந்தமைந்த மேற்பரப்புக் கையாளப் படுகிறது. பேசும் படத்தில் ஒலியை மீட்டுருவாக்குதலுக்கு இது மிகவும் சிறந்ததாகக் காணப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட நிறமாலைப் பகுதியினை ஆராய வேண்டின் அந்தப் பகுதியில் எந்தக் கார உலோகத்தின் பொறுக்கும் தன்மை



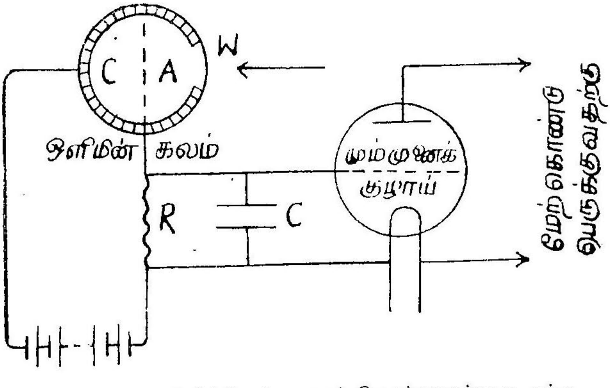
படம் 102. வெளிவிடும் ஒளிமின் கலம்

பெருமமாக இருக்கிறதோ அந்தக் கார உலோகத்தைப் பயன்படுத்தி அதிகரித்த உணர்திறம் பெறப்படுகிறது. குழாயில் ஒரு சாளரம் (window) விடப்பட்டுள்ளது. இதன் வழியாக ஒளி, குழாய்க்குள் நுழைந்து ஒளி உணர்ச்சி உடைய (photo sensitive) மேற்பரப்பின்மீது பட்டு ஒளி எலெக்ட்ரான்களை (photo electrons) வெளியிட முடியும். உணர்ச்சி மிக்க மேற்பரப்பிற்கும் குழாய்க்குட் பொருத்தப்பட்டு நேர்மின்வாயாகச் செயல்படும் மற்றொரு மின்வாய்க்கும் (electrode) இடையேயுள்ள ஒளி மின்னோட்டமானது (photo-electric current) உணர்ச்சி மிக்க மேற்பரப்பினை ஏறத்தாழ 100 வோல்ட்டுகள் உள்ள உயர் அழுத்த மின்கல அடுக்கின் எதிர் முனையுடனும் நேர்மின்வாயை அம் மின்கல அடுக்கின் நேர்முனையுடனும் இணைத்து, உணர்திறம் மிக்க ஒரு மின்னோட்டங்காட்டி E-ஐச் சுற்றில் சேர்த்து அதனால் அளக்கப்படுகிறது (படம் 102).

குழாயினுட்பகுதி ஓர் உயர்ந்த வெற்றிடமாக்கப்படலாம் (வெற்றிட ஒளிமின்கலம்) அல்லது ஹீலியம், ஆர்கான், நியான் போன்ற ஒரு வாயுவினால் ஒரு மில்லிமீட்டரில் பத்திலொரு பங்கு எனுமளவிலுள்ள தாழ்ந்த அழுத்தத்தில் நிரப்பப்படலாம் (வாயு நிரப்பிய ஒளிமின்கலம்). வெற்றிட ஒளி மின்கலத்தில் ஒளி மின்னோட்டத்திற்கும் ஒளிச் செறிவிற்கும் சற்றும் வழுவாத ஒரு விகிதத்தொடர்பு உள்ளது. இக் கலம் மிகக் குறைந்த சடத்துவமேயுடையது ; வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் கட்டுப்பாடில்லாமல் இயங்குகின்றன, எஞ்சிய வாயுவின் மூலக்கூறுகள் எதனாலும்

தடை செய்யப்படுவதில்லை. மேலும், எதிர்மின் வாயைத் தகுந்த வாறு தேர்ந்தெடுத்துவிட்டால் இதன் உணர்திறம் மிக நீண்ட நேரத்திற்கு மாறாமல் இருக்கிறது. எனவே, இவை மிகுந்த ஒழுங்கமைவுடனும், நிலைத்த தன்மையுடனும் வேலை செய்கின்றன; இவை சரிநுட்பமான செறிவு அளவீடுகட்கும், தொலைக்காட்சிக் காரியங்களுக்கும் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. வாயு நிரப்பிய ஒளி மின்கலங்கள் வாயுவில் மோதலினால் ஏற்படும் அயனியாக் கத்தினால் வெற்றிட ஒளி மின்கலங்களைவிட மிகுந்த செறிவுடைய ஒளி மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகின்றன. ஆனால், மின்னோட் டத்திற்கும் ஒளிச்செறிவிற்குமிடையேயுள்ள விகிதத் தொடர்பு பொதுவாக இழக்கப்பட்டுவிடுகிறது மேலும், சடத்துவம் அதிக மாகின்றது. இதனால் இந்தக் கலங்கள் ஒளிச்செறிவில் விரைவாக ஏற்படும் மாறுதல்களை அப்படியே தொடர்வது தடைப்படுகிறது. எனவே, இவை தொலைக்காட்சி வேலைகளுக்கு ஏற்றவையல்ல. வாணிகத்திற்காகச் செய்யப்படும் வாயு நிரப்பிய ஸீசியக் கலங்கள் செவ்வொளிக்கு (red light) உயர்ந்த உணர்திறமுடையன, குறைந்த வேலைசார் பலன் (work function) உடையன. இவற்றில், தொடக்கநிலை சிவப்புப் பகுதியின் மிகவும் உள்ளே இருக்கிறது. இவை நடைமுறையில் பல காரியங்களுக்குப் பெரிதும் பயன்படுத் தப்படுகின்றன.

வெளிவிடும் ஒளி மின்கலத்தினால் உண்டாக்கப்படும் ஒளி மின்னோட்டம் மிகச் சிறியது. காட்டாக, ஒரு சாதாரண வெற்றிட ஒளி மின்கலம் அதிலிருந்து 1 மீட்டர் தூரத்தில் வைக்



படம் 103. ஒளி மின்னோட்டத்தைப் பெருக்குவதற்கான சுற்று.

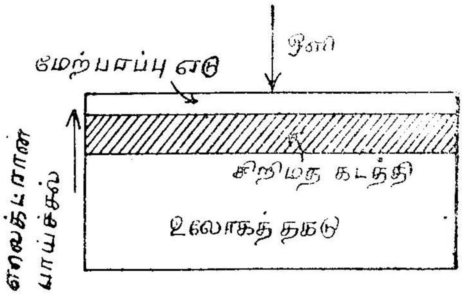
கப்பட்டுள்ள 50 வத்தித் திறன் (candle power) உடைய ஒரு விளக்கினால் ஒளியூட்டப்படும்போது மின்னோட்டத்தின் வலு 1/100 மைக்ரோ ஆம்பியர் எனும் வரிசையில்தான் உள்ளது.

வாயு நிரப்பிய ஒளி மின்கலங்களில் மின்னோட்டம் இதனினும், அதிகமாக இருக்கும் என்பது தெளிவு; ஆனல், அதுவும் சிறிதாகத்தான் இருக்கும். எனவே, இதனை நடைமுறைக் காரியங்களுக்கு நேரடியாகப் பயன்படுத்தமுடியாது. எனவே, ஒளி மின்னோட்டம் வழக்கமாக மின்குழாய்களின் துணைகொண்டு பெருக்கப்படுகிறது. அத்தகைய பெருக்கத்திற்கான சுற்று விவரங்கள் படம் 103-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. படுவொளியின் செறிவு மாறும்போது ஒளி மின்னோட்டத்தின் வலுவில் ஒரு மாறுதல் ஏற்படும். இந்த மாறுதல் மின்கல அடுக்குச் சுற்றிலுள்ள ஒரு மின்தடைக்குக் கொடுக்கப்படும்போது R-ன் முனைகட்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் 1/100-லிருந்து 1/10 வோல்ட்டுகள் எனும் வரிசையில் ஒரு மாற்றத்தினை உண்டாக்குகிறது. இந்த மின்னழுத்த மாறுதல் ஒரு மின்னேற்பி C-ன் வழியாக ஒரு மும்முனைக் குழாயின் இடைவாய்க்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இது தகட்டு மின்னோட்டத்தைக் கணிசமான அளவு மாற்றியமைக்கிறது. எனினும், மாறுதல்களின் ஒப்பீட்டு வீதத் தொடர்புகள் மாருமலேயே இது நிகழ்கிறது. இவ்வாருகச், சிறிய ஒளி மின்னோட்டம் பெருக்கப்பட்டு மேற்கொண்டு பெருக்கும் நிலைகளுக்கு அனுப்பப்படுகிறது. திரிபில்லாத பெருக்கத்திற்கு மிகச் சிறிய கால எண் (time constant) CR ஐப் பயன்படுத்துவது விரும்பத்தக்கது. இதற்காக C-ம் R-ம் இயன்ற அளவு சிறிதாக்கப் படவேண்டும்.

ஒளி மின்னோட்டத்தின் வலு எதிர்மின்வாயின் தன்மை, கலத்திலுள்ள வாயுவின் தன்மையும் அழுத்தமும், மின்வாய்களுக்கிடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, சாளரத்தின் அளவு, ஒளியின் செறிவு, ஒளியின் அலைநீளம் போன்ற மிகப் பல காரணிகளைப் பொறுத்திருக்கிறது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட ஒளி மின்கலத்தை அளவறி காரியங்களுக்குப் (quantitative purposes) பயன்படுத்துவதற்குப் பல தற்சிறப்புக் கோடுகள் வரையப்படுகின்றன. காட்டாக, ஆற்றலை ஒரு மாரு வீதத்தில் ஏற்றலுக்கு மின்னோட்டத்திற்கும் அலைநீளத்திற்குமிடையே ஒரு வளைகோடு, ஒளியின் மாருச் செறிவிற்கு மின்னோட்டத்திற்கும், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குமிடையே ஒரு வளைகோடு எனப் பல வளைகோடுகள் வரையப்படுகின்றன.

நிவர்த்திக்கும் ஒளி மின்கலம் : இது உள் ஒளி மின் விளைவின் தத்துவத்தில் வேலை செய்கிறது. புற மின்னழுத்த வேறுபாடு எதுவும் கொடுக்கப்படாமலே, ஒளியை அதன்மீது படும்படி செய்வதனுலேயே இது மின் இயக்கு விசையைத் தோற்றுவிக்கிறது. இந்தப் பொருளில் பார்த்தால் இது ஓர் உண்மையான மின்கல

மாகும். இது சிறப்பாக ஓர் உலோகத் தகட்டின் மேற்பரப்பின் மீது வெப்பத்தால் பதனப்படுத்தும் முறையாலோ அல்லது எதிர் மின்வாய் தெறித்தல் முறையாலோ (cathode sputtering) படிய வைக்கப்பட்ட சிறிதே கடத்தும் படலத்தால் (semi-conducting



படம் 104. நிவர்த்திக்கும் ஒளிமின்கலம்

layer) ஆனது. சிறிதே கடத்தும் பொருளின்மீது ஒரு மெல்லிய, ஒளி ஓரளவு ஊடுருவிச் செல்கிற (semi-transparent) உலோக ஏடு (film) உள்ளது. இது சிறிதே கடத்தியுடன் மின் தொடர்பினை ஏற்படுத்துகிறது; அதே நேரத்தில் ஒளியானது சிறிதே கடத்தியை ஒளியூட்டவும் அனுமதிக்கிறது. சிறிதே கடத்தியின்மீது ஒளி படும் போது எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. அவை ஒளிக் கதிர்களின் (light rays) திசைக்கு எதிர்த்திசையில் செல்கின்றன (படம் 104). உலோக அடித்தளத்திற்கும் (metal base) மேற் பரப்பு ஏட்டிற்கும் இடையே ஒரு தாழ்ந்த மின் தடையுடைய மின்னோட்டங்காட்டியுடன் ஒரு மின் சுற்றினை உருவாக்கினால் மின்னோட்டத்தைக் கண்டு அளக்க முடியும். மின்னோட்டம் ஒளி விளக்கச் செறிவிற்கு (intensity of illumination) நேர்விகிதத்தில் இருக்கவில்லை; ஆனால், சுற்றிலுள்ள மின்தடையைப் பொறுத் திருக்கிறது. மின்தடையின் சிறு மதிப்புகளுக்கு மின்னோட்டம் ஒளிச் செறிவிற்குக் கிட்டத்தட்ட நேர்விகிதத்தில் இருக்கக் காணப்படுகிறது.

இந்த ஒளி மின்கலத்தின் செயல் எளிதாகப் புரிவதில்லை. டிரான்சிஸ்டர் (transistor) ஒன்று இருப்பதனால் சிறிதே கடத்தி யில் ஒளிவினையுடைய எல்லை ஒன்று உண்டாகியிருக்கலாம்; ஏட்டினையும் சிறிதே கடத்தியையும் பிரிக்கின்ற மேற்பரப்பில் ஒளி உட்கவரப்படும்போது ஒளிமின் வெளியீடு நடக்கிறது.

இந்த ஒளி மின்கலம் நிவர்த்திக்கும் ஒளி மின்கலம் என வழங்கப்படுகிறது. ஏனெனில், 1930-ல் லாங்கே (Lange)

என்பார் கியூப்ரஸ் ஆக்சைடினுல் பூச்சிடப்பட்ட செப்புத் தகட்டினுலான, இருதிசை மின்னேட்டத்தை ஒருதிசை மின்னேட்டமாக மாற்றுவதற்குப் பயன்படும் ஓர் உலோகத்தகடு நிவர்த்திப்பான் (metal plate rectifier) மீது ஒளிபடும்படி செய்தால் ஒப்பீட்டில் உயர்ந்த மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறதென முதன்முதலாகக் கண்டார். முதல் நிவர்த்திக்கும் ஒளி மின்கலங்கள் சிறிதே கடத்தும் கியூப்ரஸ் ஆக்சைடு படலம் ஒன்றைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் வட்டமான செப்புத் தகட்டினுல் செய்யப் பட்டன. லாங்கேயின் கண்டுபிடிப்பிற்குப் பிறகு இவ்வகை ஒளி மின்கலங்களை வளர்ச்சிபெறச் செய்வதில் மிகுந்த வேலை செய்யப் பட்டுள்ளது ; மிகவும் பரவலாகப் பயன்படுத்தப்படும் தற்கால வடிவம் ஸெலினிய ஒளி மின்கலமாகும் (வெஸ்டன்ஃபோட்ரானிக் மின்கலம்). ஒரு தனிச் செய்ம்முறையால் ஓர் இரும்புத்தகடு ஸெலினிய ஏட்டினுல் பூச்சிடப்படுகிறது : இதன் மேற்பரப்பின் மீது பிளாட்டின ஏடு ஒன்று ஒளி கசிவதற்குப் (translucent) போதுமான அளவு மெல்லியதாக உருவாக்கப்படுகிறது. ஒளிக் கதிர்கள் பிளாட்டின ஏட்டின்மீது படும்போது அவை ஊடுருவிச் சென்று ஸெலினியப் படலத்தின் மேற்பரப்பின் மீது பட்டு எலெக்ட் ரான்களை விடுவிக்கின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் படுவொளிக்கு எதிர்த்திசையில் செல்கின்றன. இவ்வகை ஒளி மின்கலங்களுக்குப் புற மின்னழுத்தம் ஏதும் தேவையில்லை. இவை மிகவும் உறுதி யானவை, மலிவானவை, வாயு நிரப்பிய வெளிவிடும் ஒளிமின் கலங்கள் எவ்வளவு உணர்திறம் மிக்கனவோ அவ்வளவு உணர் திறம் மிக்கவை. ஆனுல், இதனுல் தோற்றுவிக்கப்படும் மின் னேட்டத்தை மின் குழாய்களால் பெருக்க முடியாது. இருந் தாலும், வலுமிக்க ஒளித் தோற்றுவாய்களைக் கொண்டு கிடைக் கும் மின்னேட்டம் மின்னேட்டங்காட்டிகளை நேராகவே இயக்க முடியும். இவை, ஒளிவிளக்க அளவிகள் (illumination meters), ஒளிப்பட நேரொளி வாய்ப்பு அளவிகள் (exposure meters) ஒளி அளவிகள் (photo meters) போன்றவற்றில் பெரிதும் பயன்படு கின்றன.

கடத்தும் ஒளி மின்கலம் : இதுவும் உள்ஒளி மின்விளைவின் தத்து வத்திலேயே வேலைசெய்கிறது; ஆனுல், இதன் நேரடியான காரணம் வேருென்ருகும். அ-து., சில குறிப்பிட்ட பொருள்கள் ஒளியூட்டப் பெறும்போது அவற்றின் மின்தடை மாறுகிறது. இந்த ஒளி மின் கலத்திலிருந்து கிடைக்கும் மின்னேட்டம் முதனிலை ஒளிமின்னேட் டமாக இல்லை என்று சொன்னுலும் சொல்லலாம். ஏனெனில், பயன்படுத்தப்படும் ஸெலினியம், தேலஸ் சல்ஃபைடு (thallous sulphide) போன்ற பொருள்கள் சிறிதே கடத்திகளாக இருப் பதால் எலெக்ட்ரான்களை எல்லைக் கோட்டில் குவியச் செய்

கின்றன ; இதனால் பின் மின் இயக்க விசை உண்டாக்கப்படுகிறது. இறுதியாக இது சிறிய முதனிலை மின்னோட்டம் பாய்வதனைத் தடுத்துவிடும். ஆனால், இப் பொருள்களில் முதனிலை மின்னோட்டத்துடன் கூடப் பெரிய இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டமும் பாய்கிறது. முதனிலை எலெக்ட்ரான்கள் எல்லைக்கோட்டில் குவியப் பெறுவதால் அவை எவ்வாறோ பொருளின் மின்தடையைக் குறைத்து அதிகமாக மின்சாரத்தைக் கடத்தும்படி செய்வதால் இந்த இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டம் உண்டானாலும் ஆகலாம். இவ்வகை ஒளி மின்கலங்களை இயக்குவதற்கு ஏறத்தாழ 100 வோல்ட்டுப் புற மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படவேண்டும். இந்த உண்மையினால் இது நிவர்த்திக்கும் ஒளிமின் கலங்களிலிருந்து வேறுபடுகிறது. கடத்தும் ஒளிமின் கலங்களின் ஒளி உணர்ச்சி ஒருபடித்தாயில்லை (not linear). எனவே, ஒளிச் செறிவினைத் திருத்தமாக அளப்பதற்கு இவற்றைப் பயன்படுத்த முடியாது. இவை ஒளியூட்டப்படும்போது சிறு மின்தடையை அடைவதிலும், ஒளியைத் துண்டித்துவிடும்போது பழைய மதிப்பை மீண்டும் பெறுவதிலும் கணிசமான நேரப் பின்னடைவைப் (time lag) பெற்றுள்ளன. ஆகையால், இவை ஒளிவிளக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கான அஞ்சல்களை இயக்குவதைத் தவிர்த்து மற்றக் காரியங்களுக்கு அவ்வளவாகக் கையாளப்படுவதில்லை.

ஒளி மின்கலங்களின் பயன்கள் : ஒளி மின்கலம் 'அதிசயக் கண்' (magic eye) என மிகப் பொருத்தமாகப் பெயர் சூட்டப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில், மனிதக் கண்ணிற்குப் பதிலாகப் பயன்படுத்தக்கூடிய பொருளாகச் செயல்படுகிறது ; ஆனால், கண்ணை விட இது மிகமிக மேம்பட்டது ; எல்லாத் துறைகளிலும் விரிவாகப் பயன்படுகிறது. விண்மீன்களின் வெப்பநிலைகள் விண்மீன் நிறமாலை போன்ற வான் பௌதிக நிகழ்ச்சிகளை ஆராய்தல், உலைகள் இரசாயன நிகழ்ச்சிகள் போன்றவற்றின் வெப்பநிலையை சரியாகக் கட்டுப்படுத்துதல், கலோரி அளவியல், ஒளி அளவியல் ஆகியவை சிறந்த முடிவுகளைப் பெறுவதற்கு ஒளி மின்கலங்களைப் பயன்படுத்துகின்றன. நடைமுறை வாழ்க்கையில் மின்சாரத்தால் ஓட்டப்படும் கருவிகளை இயக்குவதில் உள்ள ஆபத்துகளிலிருந்து காத்துக்கொள்ளுதல், கள்வர், தீ போன்ற பலவற்றிடமிருந்து காத்துக்கொள்ளுதல், ரயில் பாதையைத் தாண்டும் இடங்களிலுள்ள சைகைகள், வாயிற்கதவுகள், கார்கள், ரயில் வண்டி ஆகியவற்றின் வேகம் ஆகியவற்றைத் தானாகவே கட்டுப்படுத்துதல், ஓர் இடத்திற்கு வருகைதரும் மக்களின் எண்ணிக்கையைத் தானியங்கு பொறியால் கணக்கிடல் அல்லது தானியங்கு பொறியால் பொருள்களை எண்ணுதல் போன்ற பல காரியங்கள்

ஒளி மின்கலத்தினைப் பயன்படுத்துவதனுல் மிக எளிதானவையாகவும் பயனுறு திறன் மிக்கனவாகவும் ஆகின்றன. இவை யாவும் எவ்வாறு செய்யப்படுகின்றன என்பதனை நாம் இங்கே விரிவாக விவரிக்க வேண்டுவதில்லை. ஆனுல், மனித வாழ்க்கையின் அறிவியல், கலை, பயனறி முறை ஆகிய மூன்று முக்கியமான கட்டங்களில் இணைந்து பயன்படும் தற்காலத்தியப் பயன்கள் இரண்டினைச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

ஒலிப்படங்கள் அல்லது பேசும் படங்கள்

ஒலிப்படங்கள் முற்றிலும் நிகழ்வொருமை செய்யப்பட்ட இயக்கம், ஒலி எனுமிரண்டு செயல்முறைகளை உள்ளிட்டவை. இயக்கம் என்பது நடிகர்களின் அசைவுகளைப் படம் பிடித்துத் திரையிடல்; ஒலி என்பது நடிகர்களின் உரையாடல், பாட்டுப் போன்றவற்றைப் படத்தில் பதிவு செய்து மீட்டுருவாக்கல். இயக்கப் பகுதியைப் பொறுத்த மட்டில் பெரிய தொல்லை ஏதுமில்லை. நடிகர்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் நகருகின்ற ஓர் ஏட்டின்மீது (film) ஒளிப்படமெடுக்கப்படுகிறுர்கள். பலவேறு இயக்கங்களும் அப்படியே பதிவு செய்யப் படக்கூடிய வகையில் மிக விரைந்து ஒன்றையொன்று தொடர்ந்து வரும் ஒவ்வொரு கணத்திலும் ஒளிப்படம் எடுக்கப்படுகிறது. திரைப்படக் காட்சியில் (cinema show) சுற்றப்பட்டுள்ள ஏடு தானுக ஒரு குறிப்பிட்ட வேகத்தில் பிரிகிறது. இதனுல், வீழ்த்தப்படும் பிம்பங்கள் ஒன்றைத் தொடர்ந்து மற்றென்றுக விரைவாகத் தொடர்ந்து வருவதால் நடிகர்களின் உண்மையான அசைவுகளின் சாயல் ஏற்படுகிறது.

ஆனுல் ஒளிப்பகுதி, அ-து, நடிப்பின் போது எழுப்பப்பட்ட பலவேறு ஒலிகளையும் பதிவுசெய்து பின்னுல் மீட்டுருவாக்குதல் இதனினும் சற்றுக் கடினமானது. இது பட உற்பத்திச் செயல் முறையில் ஒலியை ஒளியாகப் பதிவு செய்தலையும், மீட்டுருவாக்குதலில் ஒலியாகப் பதிவு செய்யப்பட்டதை ஒளி மின்கலத்தின் உதவியால் மீண்டும் ஒலியாக மாற்றுவதனையும் உள்ளிட்டது. ஒலியையொளியாகப் பதிவு செய்தலைப் பொறுத்தமட்டில் சிறப்பான இரு முறைகள் பழக்கத்திலுள்ளன.

(i) இயங்குதிரைப்பட ஒலிமுறை (Movitone) அல்லது மாறும் அகல முறை (Variable width method): நடிகர்களால் எழுப்பப்படும் ஒலிகளை ஒரு மைக்ரோஃபோன் ஏற்று அதனை மாறு மின்னேட்டமாக (variable current) மாற்றுகிறது. இந்த மாறு மின்னேட்டம் மின்குழாய்களால் பெருக்கப்பட்ட பின் ஒரு மின்காந்

தத்தின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. மின்காந்தத்தின் முனை கட்கிடையே மெல்லிய டியூரலுமினிய (duralumin) நாடா வளையம் வைக்கப்பட்டுள்ளது. வளையத்தை உருவாக்கும் இரு துண்டுகள் ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இருக்கின்றன. இவை ஒரு சீரான பிளவாக (slit) அமைகின்றன. இப் பிளவிற்கு முன்னுல் ஓர் ஒளித்தோற்றுவாயும், பிளவிற்குப் பின்னுல் தொடர்ந்து நகர்ந்து கொண்டிருக்கும் ஏடும் உள்ளன. இந்த ஏட்டின்மீதுதான் ஒலியைப் பதிவுசெய்யவேண்டும். மாறுமின்னோட்டம் மின்காந் தத்தின் ஊடே செலுத்தப்பட்ட உடனே நாடாவின் இரு துண்டு களும் அதிகமாகவோ குறைவாகவோ ஈர்க்கப்படுகின்றன. இதனுல், ஒலியினுல் உண்டாக்கப்படும் மின்னோட்ட மாறுதல்களுக் கேற்பப் பிளவின் அகலம் மாறுபடுகின்றது. இதன் விளைவாகப் பிளவின் வழியாகச் செலுத்தப்படும் ஒளிக்கற்றையின் அகலம் மாறுபடுகிறது. எனவே, மாருச் செறிவுடைய ஆனுல் மாறு கின்ற அகலமுடைய ஒளி ஏட்டின்மீது விழுகின்றது, ஒலிகள் பதிவு செய்யப்படுகின்றன.

(ii) ஒளி ஒலி முறை (Photophone) அல்லது மாறும் அடர்த்தி முறை (variable density method) : மைக்ரோஃபோனிலிருந்து வரும் மாறுமின்னோட்டம் பெருக்கப்பட்ட பிறகு ஒரு தனி விளக் கினுல் உண்டாக்கப்படும் ஒளியின் செறிவை மாற்றுமாறு செய்யப் படுகிறது. இத் தனி விளக்கு ஏயோ விளக்கு (aeo lamp) எனப் படும். இது பேரியம் ஆக்சைடினுல் பூச்சிடப்பட்ட ஓர் இழையை யும், ஒரு தகட்டையும், சிறிதளவு ஹீலியத்தையும் உடைய ஒரு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணுடிக் குமிழினுலானது. இத்தகைய விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளியின் செறிவினைப் பொலிவு மிக்க நிலையி லிருந்து மங்கலாகவும், மீண்டும் பொலிவு மிக்கதாகவும் விஞடியின் மில்லியனில் சிலபகுதிகள் நேரம் எனும் அளவில் விரைவாக மாற்றக்கூடும். இந்த விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளி மாரு அகல முடைய ஒரு பிளவின் வழியாகச் சென்று நகரும் ஏட்டின் மீது விழுகிறது. அங்கே ஒரே அகலத்தில் ஆனுல் மாறுகின்ற அடர்த்தி யில் ஒலி பதிவு செய்யப்படுகிறது.

இவ்வாறு இரண்டு முறைகளில் ஏதேனுமொன்ருல் பெறு கின்ற ஒலியின் ஒளிப்பதிவு மைக்ரோஃபோனைத் தூண்டிய ஒலி களின் மறிநிலையாக (negative) அமைகின்றது. ஒலி மறிநிலையானது இயக்க மறிநிலையின் பக்கத்தில் நிகழ்வொருமை பெறுவதற்காக முதலாவது பிந்தியதைக் காட்டிலும் 14·5 அகலம் முன்தள்ளி யிருக்குமாறு பொருத்தப்படுகிறது. இவையிரண்டும் ஒன்ருகக் காட்சியில் பயன்படுத்தப்படும் ‘நேர்’ ஏடான ஏட்டின்மீது மீட்டுருவாக்கப்படுகின்றன.

ஒளியின் வேகத்திற்கும் ஒலியின் வேகத்திற்கும் பெரும் வேறு பாடிருப்பதால் மறிநிலைகள் ஒப்பீட்டில் இடம்பெயர்ந்து இருக்க வேண்டியது கட்டாயத் தேவையாகும். இவ்வாறுகத்தான் இயக்கமும் ஒளியும் நிகழ்வொருமையுடன் இருக்குமாறு செய்ய முடியும். நேர் ஏட்டின் முதன்மையான நடுப்பகுதியில் படங்களும், ஒரு விளிம்பின் அருகே ஒலியும் பதிவுசெய்யப்பட்டுள்ளன. ஒலியானது பதிவு செய்யும் முதல் அல்லது இரண்டாவது முறைக்கேற்ப மாறும் அகலம் அல்லது மாறும் அடர்த்தியுடைய பாதைகளின் வரிசையாகப் பதிவுசெய்யப்பட்டிருக்கும்.

ஏட்டிலிருந்து ஒலியை மீட்டுருவாக்குதலுக்கு ஒலிப்பதிவுகளைச் சுமக்கின்ற ஏட்டின் பகுதி ஒரு பிளவின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. அப்போது அதன் வழியாகவும் பிறகு ஓர் ஒளி மின்கலத்தின் வழியாகவும் ஒரு மெல்லிய ஒளிக்கற்றை அனுமதிக்கப்படுகிறது. ஒலிப்பாதையிலிருந்து வெளிவந்து ஒளி மின்கலத்தின்மீது படுகின்ற ஒளியின் செறிவு, பாதையின் அகலத்திற்கேற்பவோ அல்லது அடர்த்திக்கேற்பவோ மாறுகிறது. இந்த ஒளி மின்கலம் அதன்மீது படும் மாறும் ஒளித்துடிப்புகளை அவற்றிற்கியைந்த மின் துடிப்புகளாக மாற்றுகிறது. இந்த மின் துடிப்புகள் ஏற்ற முறையில் மின் குழாய்களால் பெருக்கப்பட்டு ஓர் ஒலிபெருக்கிக்கு ஊட்டுவிக்கப்படுகின்றன; ஒலிபெருக்கி மூல ஒலிகளை மீட்டுருவாக்குகின்றது. இவ்வாறுக, ஒலியை ஒளியாகப் பதிவு செய்தல், அதனை இயக்கத்தோடு நிகழ்வொருமை செய்தல், அதனை ஓர் ஒளி மின்கலத்தைக்கொண்டு மீட்டுருவாக்கல் போன்ற புனைதிறம் வாய்ந்த (ingenious) சாதனங்களால் கலைத்திறன் மிக்க, மக்கள் விருப்பத்திற்குரிய தற்காலத்திய கேளிக்கையினை நாமடைகின்றோம். இச் சாதனங்களுக்கு நாம் நன்றிக் கடப்பாடுடையேம்.

தொலைக்காட்சி

தொலைக்காட்சியானது படங்கள், இயற்கைக் காட்சிகள், இயங்கும் உருவங்கள் ஆகியவற்றை ரேடியோவைப்போல் மின்காந்த அலைகளைக்கொண்டு பரப்புதலும் தூரத்திலிருந்து அவற்றை மீட்டுருவாக்குதலுமாகிய ஒரு கலையாகும். தொலைக்காட்சியின் செயல்முறையில் கீழ்க்கண்ட இன்றியமையாத அம்சங்கள் உள்ளடங்கியுள்ளன: (1) தொலைக்காட்சி வழியே பரப்பவேண்டிய பொருளைத் துருவுதல் (scanning). இது பொருளின் ஒரு சிறிய பகுதியின்மீது குறுகிய, செறிவுமிக்க ஓர் ஒளிக்கற்றையினை விரைவாக முன்னும் பின்னும் நகரச்செய்வதால் பொருளை மிகப் பல கூறுகளாகத் துண்டாடுதல் ஆகும். (2) துருவப்பட்ட பொருளி

லிருந்து ஏற்கப்படும் ஒளித் துடிப்புகளை மின்துடிப்புகளாக மாற்றுதல். இதற்கு ஒளி மின்கலம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. (3) மின் துடிப்புகள் மூலப் பொருளை மீண்டும் அமைக்கின்ற வகையில் ஒளித் துடிப்புகளாக மாற்றுதல். முதல் இரண்டு காரியங்களும் தொலைக்காட்சிப் பரப்பியினுல் பார்த்துக்கொள்ளப் பெறுகின்றன. மூன்ருவதனைத் தொலைக்காட்சிப் ஏற்பி செய்கிறது.

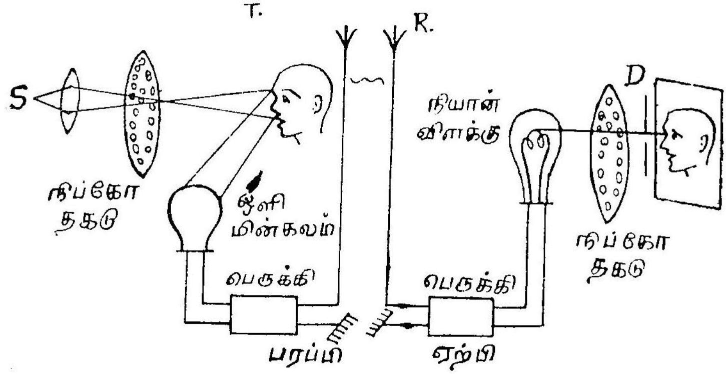
தொலைக்காட்சியில் பயன்படுத்தப்பெறும் இருவேறு நுணுக்கங்களாவன :

(1) எந்திர நிப்கோ தகட்டு அமைப்பு (mechanical Nipkow disc system).

(2) எதிர்முனைக் கதிர் இகனுஸ்கோப் அமைப்பு (cathode ray iconoscope system).

முதலாவது முன்முயற்சி நிலையினைச் சேர்ந்தது; இரண்டாவது இதன் இடத்தைக் கைப்பற்றிக் கொண்டது.

நிப்கோ தகட்டு அமைப்பு: இந்த அமைப்பில் துருவும் சாதனம் ஒரு சுழலும் வட்டத்தகடாகும். இது ஏறத்தாழ 50 செ.மீ. விட்டமுடையது ; இது விளிம்பின் அருகில் ஒற்றைச் சுற்றுடைய திருகு சுருள் வடிவில் அமைக்கப்பட்ட பல துளைகளையுடையது இது 1884-ல் நிப்கோவினுல் புதிதாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட



படம் 105. தொலைக்காட்சிக்காக நிப்கோ தகட்டு அமைப்பு

தனுல் இது நிப்கோ தகடு என வழங்கப்படுகிறது. பரப்பும் நிலையத்தில் ஆற்றல் மிக்க ஒளித்தோற்றுவாய் ஒன்று (S) நிப்கோ தகட்டிற்குப் பின்னும், துருவப்பட வேண்டிய பொருள் (இதனை

ஒரு மனிதனின் முகமெனக் கொள்) தகட்டிற்கு முன்னும் வைக்கப் படுகின்றன. தகடு சுழலும்போது முகம் முழுவதும் சிறு சிறு கீற்றுகளாகத் (strips) துருவப்படும் வகையில் துளைகள் நகருகின்றன ; ஒவ்வொரு துளையும் ஒரு குறுகிய ஒளிக் கற்றையை அனுப்புகிறது ; இக் கற்றை முகத்தின் பல பாகங்களையும் ஒரு குறுகிய நேரம் ஒளியூட்டுகிறது. குறுகிய நேரமேயானாலும் தகடு (விநாடிக்கு) எத்தனை தடவைகள் சுழல்கிறதோ அத்தனை தடவைகள் திரும்பத்திரும்ப ஒளியூட்டுகிறது. தகட்டில் எத்தனை துளைகள் உள்ளனவோ அத்தனை கிடைகீற்றுகளாக (horizontal strips) முழு முகமும் துருவப்படுகிறது. எந்த ஒரு கணத்திலும் சிதறடிக்கப்படும் (scattered) ஒளியின் செறிவு துருவும் கற்றை அந்தக் கணத்தில் முகத்தின் எந்தப் பகுதியின்மீது விழுகிறது என்பதனைப் பொறுத்திருக்கிறது. கரிய கண்புருவம் (eye-brow) குறைவான ஒளியைச் சிதற அடிக்கின்றது. அதே நேரத்தில் வெண்மையான பற்கள் அதிக ஒளியைச் சிதற அடிக்கின்றன. இவ்வாறாக, முகத்தின் பல பகுதிகளாலும் சிதற அடிக்கப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் செறிவில் மாறுபட்டிருக்கும்.

இந்த மாறும் செறிவுடைய, சிதற அடிக்கப்பட்ட கதிர்கள் ஓர் ஒளி மின்கலத்தின்மீது படுமாறு செய்யப்படுகின்றன. அங்கே இவை மின்துடிப்புகளாக மாற்றப்படுகின்றன. எந்த ஒரு கணத்திலும் இத்துடிப்புகளின் மதிப்பு அந்தக் கணத்தில் முகத்தின் எந்தப் பகுதி ஒளியூட்டப்படுகிறது என்பதனைப் பொறுத்திருக்கிறது. எனவே, துருவும் தகடு சுழலும்போது பொருளின் பகுதிகளின் ஒளிக்கும் நிழலுக்கும் இயைந்த செறிவுடனும் நிரலொழுங்குடனும் (sequence) பொருளின் பகுதிகள் துருவப்படும் வரிசையிலும் ஒளி மின்கலத்தில் மின்துடிப்புகள் தோற்றுவிக்கப்பெறுகின்றன. இத் துடிப்புகள் தகுந்த முறையில் பெருக்கப்பட்டு ஒரு ரேடியோ பரப்பியின் உயர் அலைவெண் ஊர்தி அலையினைப் பண்பேற்றுவதற்குப் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. பிறகு இவை வான்கம்பியிலிருந்து ரேடியோ அலைகளாகப் பரப்பப்படுகின்றன.

ஏற்கும் நிலையத்தில் வான்கம்பியில் தொலைக்காட்சி அலைகள் (television waves) பொறுக்கியெடுத்துக்கொள்ளப்பட்டு, பெருக்கப்பட்டு ஒரு நியான் விளக்கிற்கு ஊட்டப்படுகின்றன. இதன் விளைவாக நியான் விளக்கின் செறிவு ஏற்கப்படும் சைகைகளின் ஏற்ற இறக்கங்கள் இருக்கும் அதே முறையில், அ-து., பரப்பும் நிலையத்தில் பொருளை ஆய்ந்த துருவு கற்றையைப் போன்றே ஏறி இறங்குகிறது. சரியான முறையில் வேலை செய்யும்போது இந்த விளக்கின் எதிரளிப்புச் செறிவு ஏற்ற இறக்கங்கள் விநாடிக்கு

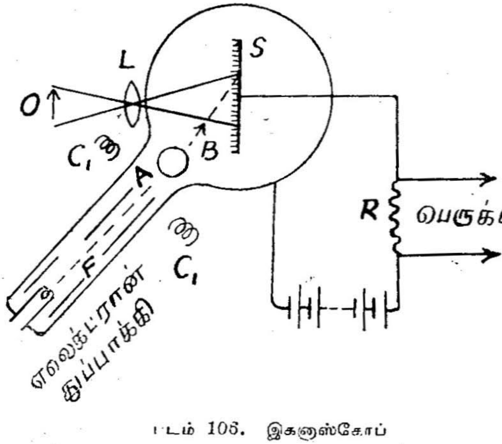
10^5 சுழற்சிகள் எனும் அலைவெண் வரையில் நிகழக்கூடிய வகையில் விரைவாக இருக்கும். இவ்வாறாக, கட்புலனாகாத (invisible) ஆனால் உண்மையில் பொருளைத் தன்னகத்தே பெற்றிருக்கும் மின் துடிப்புகள் பொருளின் ஒளிக்கும் நிழலுக்கும் ஏற்ப ஏறி இறங்கும் ஒளித்துடிப்புகளாக மீட்டுருவாக்கப்படுகின்றன. இந்த ஒளித் துடிப்புகளிலிருந்து பொருளை மீண்டும் உருவாக்குவதற்குப் பரப்பியில் உள்ள தகட்டிற்கு முற்றொத்த, அதே வேகத்தில் சுழலுகின்ற ஒரு நிப்கோ தகடு நியான் விளக்கின் முன் அமைக்கப்படுகிறது. தகட்டின் துளைகள் வழியாகக் கடத்தப்படும் ஒளி ஒரு திரையின்மீது விழும்படி செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறாக, பொருளைப் போலவே அத் திரையும் அதே முறையில் துருவப்படுகிறது. எந்த ஒரு கணத்திலும் திரையின் ஒரு குறுகிய கீற்றே ஒளியூட்டப் பெற்றாலும் பலவேறு கீற்றுகளும் கடுவேகமாக ஒன்றைத் தொடர்ந்து ஒன்று தொடர்ந்து வருவதாலும் பார்வை நீட்டிப்பினாலும் (persistance of vision) திரையில் முழு உருவமும் தெரியும். பொருளை மீட்டுருவாக்குதலுக்குப் பரப்பும் நிப்கோ தகடு, ஏற்கும் நிப்கோ தகடு ஆகியவற்றிடையே முற்றிலும் சரியான நிகழ்வொருமை செய்யப்பட்டிருக்க வேண்டுமென்பது இன்றியமையாதது. தொலைக்காட்சிக்கான நிப்கோ தகட்டு அமைப்பு, படம் 105-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மீட்டுருவாக்கப்படும் பொருள் பொறுத்துக்கொள்ளத்தக்க அளவு உருவ வரையறை வேண்டின் துருவும் கிடைகோடுகள் குறைந்தது 100 ஆவது வேண்டும்; முழுப் பொருளும் ஏறக்தாழ வினாடிக்கு 25 தடவை துருவப்பட வேண்டும். எனவே, நிப்கோ தகடு ஏறத்தாழ 100 துளைகளைப் பெற்றிருக்கவேண்டும். அது வினாடிக்கு 25 சுழற்சிகளில் சுழற்றப்படவேண்டும் என இது பொருள்படும். பரப்பும் நிலையத்தில் பொருள் ஏதேனும் அசைவுகளைச் செய்துகொண்டிருந்தால் (காட்டாக, நடிப்பின்போது உண்டாகும் அசைவுகள்) பரப்பும் நிலையத்திலுள்ள நிப்கோ தகட்டினால் அது துருவப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் வரையில் ஏற்கும் நிலையத்தில் அசையும் பொருள் மீட்டுருவாக்கப்படும். எந்திர அமைப்புகள் கையாளப்படுவதால், தொலைக்காட்சி வாயிலாக அனுப்பப்படும் பொருளை மீட்டுருவாக்குதல் குறைபாடில்லாமல் முழுநிறைவுடன் இருப்பதில்லை.

எதிர்முனைக்கதிர் இகனாஸ்கோப் அமைப்பு : தொலைக்காட்சியின் தொழில் நுணுக்கம் துருவும் காரியங்களுக்கு எந்திர சாதனமல்லாத, அனேகமாக சடத்துவமேயில்லாத எதிர்முனைக் கதிர்களாலான எலெக்ட்ரான் கற்றையைப் பயன்படுத்துவதனால் பெருமளவு வளர்ச்சியுற்றது. இந்த அமைப்பின் இன்றியமையாத

அம்சங்களாவன : (1) பரப்பும் நிலையத்தில் ஒரு தனித் தன்மை வாய்ந்த துருவும் சாதனம். இது 'வெளி விடும் படக்கருவி' (emitron camera) அல்லது ஸ்வோர்கினுடைய (Zworykin's) 'இகனஸ்கோப்' எனப்படும். (2) தொலைக்காட்சி ஏற்பி : இது இந்தக் காரியத்திற்காக இலசோக மாற்றியமைக்கப்பட்ட ஓர் எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயையுடையது. இக் குழாய் கினஸ்கோப் (Kinoscope) எனப்படும்.

பரப்பும் நிலையத்திலுள்ள இகனஸ்கோப் அல்லது வெளிவிடும் படக் கருவியானது முதன்முதல் பேராசிரியர் ஸ்வோர்கினல் வகுக்கப்பட்டது. இது ஓர் எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி, ஓர் ஒளிமின்கலம் ஆகியவற்றின் தொகுப்பே. இது விளக்கப் படமாகப் படம் 106-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தொலைக்காட்சி



படம் 106. இகனஸ்கோப்

வாயிலாக அனுப்பப்பட வேண்டிய பொருள் O ஆனது ஒரு வில்லை L ஆல் ஒரு திரள் திரை (mosaic screen) S-ன் மீது குவிமுகப்படுத்தப்படுகிறது. இத் திரை மிகவும் உயர்ந்த அளவில் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடிக் குமிழினுள் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. இத் திரை ஒரு மெல்லிய மைகா தகட்டினல் ஆனது ; இத் தகட்டின் முன்புறத்தின்மீது ஸீசியம் போன்ற ஒளி உணர்ச்சியுடைய ஓர் ஏட்டினல் பூச்சிடப்பெற்ற மிகப்பல தனித் தனியான சிறிய வெள்ளிக் கோளங்கள் உள்ளன. அதன் பின் புறத்தில் சைகைத் தகடு (signal plate) எனப்படும் ஓர் உலோகப் பூச்சு உள்ளது. ஒவ்வொரு தனிச் சிறுகோளமும் தனியாகப் பார்த்தால் ஒரு நுண்ணிய ஒளி மின்கலமாகவும், எல்லாக் கோளங்களுக்கும் பொதுவான சைகைத் தகட்டுடன் சேர்த்துப் பார்த்தால் ஒரு மின்னேற்பியாகவும் அமைகின்றது. இம் மின்

னேற்பியின் மின்விசை தாங்கி (dielectric) ஆக மைகா தகடு (mica sheet) உள்ளது. பொருள் திரள் திரையின்மீது குவிமுகப் படுத்தப்படும்போது எந்த ஒரு தனிச் சிறுகோளமும் அந்தக் குறிப்பிட்ட கோளத்தின் மீது விழுகின்ற படத்தின் நுண் பகுதி யின் ஒளியையும் நிழலையும் பெறும்; அதனுடைய ஒளி உணர்ச்சி யுடைய மேற்பரப்பினுல் வெளிவிடப்படுகின்ற எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கை அது ஏற்கின்ற ஒளியின் அளவிற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுவதன் காரணமாக ஒவ்வொரு சிறு மின்னேற்பியும் நேர் மின்னேற்றம் பெறும். இம் மின்னேற்றம் அதனுல் ஏற்கப்படும் ஒளியின் செறி விற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும்; அதாவது, அந்த மின்னேற் பியைச் சேர்ந்த சிறு கோளத்தின்மீது விழுகின்ற படத்தின் ஒளி, நிழல் ஆகியவற்றின் அளவுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இவ் வழியில் திரள் திரையானது எலெக்ட்ரான் கற்றையால் துருவப் படுவதற்குத் தயார் செய்யப்படுகிறது. இது பரப்பும் நிகழ்ச்சிக்கு அடிப்படை முக்கியத்துவம் வாய்ந்தது. ஏனெனில், இவ்வாருகத் தான் சிறு கோளத்தின் மேற்பரப்பு துருவும் கற்றை பட்ட உட னடியாக எதிரளிக்க முடியும்.

வழக்கமான ஒளிர்திரை நீக்கப்பெற்ற எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியானது பரப்பும் ஒளிப்படக் கருவியின் ஒரு பகுதி யாக அமைகிறது. எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாயின் பல்வேறு பகுதி கள் திரள் திரை இருக்கின்ற குமிழோடு ஒன்ருக இணைக்கப் பட்டுள்ள ஒரு பக்கக் குழாயில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. எதிர் முனைக் கதிர்க்குழாயின் இழை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகிறது; இவை ஒரு நுண்ணிய, செறிவு மிக்க கற்றையாக எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கியால் குவிமுகப்படுத்தப்பட்டு திரள் திரையின்மீது விழு மாறு செய்யப்படுகின்றன. இதனுல் இகனுஸ்கோப்பின் கழுத்தைச் சுற்றி இரு சோடி ஒதுக்கும் சுருள்கள் C_1, C_2 உள்ளன. புறத்தே அமைக்கப்பட்டுள்ள இரு ஒருபடி கால அடிவரைகளிலிருந்து இவற்றிற்கு ரம்பப் பல் மின்னேட்டங்கள் வழங்கப்படுகின்றன. இச் சுருள்கள் எலெக்ட்ரான் கற்றையை ஒரு துருவு கற்றையாக மாற்றுகின்றன. இவற்றுள் ஒன்றிலுள்ள மின்னேட்டம் கற் றையைத் திரள் திரையின் குறுக்கே வினுடிக்கு ஏறத்தாழ 10,000 தடவை ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திற்கு நகருமாறு செய் கிறது; மற்ருென்றிலுள்ள மின்னேட்டம் கற்றையைத் திரள் திரையின்மீது வினுடிக்கு 50 தடவை மேலும் கீழும் நகரச் செய் கிறது. இவ்வாருக, எலெக்ட்ரான் கற்றை, திரள் திரையை ஒரு வினுடியில் பல தடவைகள் விரைந்து துருவுமாறு செய் கிறது. அது ஒவ்வொரு சிறுகோள மேற்பரப்பினையும் தொட்டுச்

செல்லும்போது அந்த மேற்பரப்பிற்கு எலெக்ட்ரான்களை மீட்டளிக்கிறது—பொருளிலிருந்து வரும் படுவொளியின் செயலால் முன்பே உருவான நேர்மின்னேற்றங்களைச் சரிக்கட்டுவதற்குப் போதுமான எலெக்ட்ரான்களை மீட்கிறது. மின்னேற்றத்தில் ஏற்படும் இம் மாற்றங்கள் அவற்றிற்கியைந்த நுண்ணிய மின் துடிப்புகளை உண்டாக்குகின்றன. இந்த மின் துடிப்புகள் சைகைத் தகட்டினுல் ஒரு பெருக்கிக்கும் அதன் பின்னர் ஒரு மீக்குற்றலை பரப்பிக்கும் அனுப்பப்படுகின்றன. அங்கே பொருளின் ஒளி, நிழல் ஆகியவற்றின் மின்சாரப் பிரதிநிதிகளான சைகைகள் கதிர் வீசப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு சிறுகோளத்தையும் எலெக்ட்ரான் கற்றை தொட்டுச் செல்ல ஆகும் நேரம் ஒரு விஞடியின் அரை மில்லியனில் ஒரு பகுதிக்கும் குறைவானது என்பதனை உணர்ந்து விட்டால் திரள் திரையை எலெக்ட்ரான் கற்றையினுல் எவ்வளவு உயர்ந்த வேகத்தில் துருவலாம் என்பதனை உணரலாம். இவ்வளவு விரைவாகத் துருவுவது எந்திரத் துருவும் சாதனங்களால் பெறுவது என்பது எந்த நேரத்திலும் நடக்காத ஒன்று.

ஏற்கும் நிலையத்தில், ஒரு கினுஸ்கோப் (kinoscope) அதாவது, எதிர்முனைக் கதிர்த் தொலைக்காட்சி ஏற்பி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது பரப்பும் படக்கருவியைப் (transmission camera) போன்றதே; ஆனுல், எலெக்ட்ரான் கற்றையானது திரள் திரையின்மீது குவிமுகப்படுத்துவதற்குப் பதில் ஓர் ஒளிர் திரையில் குவிமுகப்படுத்தப்படுகிறது. படத்தை மீட்டுருவாக்குவதற்கு, எலெக்ட்ரான் கற்றை ஏற்கும் திரையைப் பரப்பும் படக்கருவியில் துருவும் அதே வேகத்திலேயே துருவ வேண்டும். இது, ஏற்பிக்குழாயின் கழுத்தைச் சுற்றியுள்ள இரு சோடிச் சுருள்களுக்கு ரம்பப்பல் மின்னோட்டங்களை வழங்குகிற ஒருபடி கால அடிவரைகள் இரண்டினை உள்ளிட்டது. இந்தக் கால அடிவரைகளில் உயர் அலைவெண் உடையது 'கோடு' துருவுதலுக்கும் ('line' scanning), தாழ் அலைவெண் உடைய மற்றொன்று 'கூடு' துருவுதலுக்கும் ('frame' scanning) பயன்படுகின்றன.

மேலும், ஏற்பியின் துருவும் கற்றை பரப்பியின் துருவு கற்றையுடன் நிகழ்வொருமை பெற்றிருக்க வேண்டும். பரப்பியிலிருந்து 'காட்சிச்' சைகைகளுடன் (vision signals) நிகழ்வொருமை ஏற்படுத்தும் 'கோடு', 'கூடு' சைகைகளும் தொடர்ச்சியான தொடராக அனுப்புவதனுல் இது பெறப்படுகிறது. பெருக்கி, கண்டு பகுத்ததன் பின்னர் இந்த நிகழ்வொருமைப்படுத்தும் சைகைகள் காட்சி சைகைகளிலிருந்து பிரிக்கப்படுகின்றன. இவற்றுள் முந்தியது கால அடிவரை சற்றும் வழுவாமல் ஒத்து இயங்கச் செய்

கிறது ; பிந்தியது எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயின் ஆட்சி வாய்க்குக் (control electrode) கொடுக்கப்படுகிறது. அங்கே இவை, ஒளிர் திரையின் மீதுள்ள கற்றையினால் உண்டாகும் பொட்டின் பொலிவைத் திரள் சைகைத் தகட்டிலிருந்து வெளியனுப்பப்படும் மின்னோட்டங்களுக்கேற்ப மாற்றுகின்றன. இந்த வழியில் திரையின்மீது பரப்பியின் திரள் திரைமீது இருக்கும் ஒளி, நிழல் ஆகியவற்றின் படிமம் (replica) தோன்றுகிறது. அதாவது, ஏற்பியின் ஒளிர்திரையின்மீது பொருள் அதன் நுணுக்கமான முழு விவரங்களுடன் மீட்டுருவாக்கப்படுகிறது எனச் சொல்லலாம். எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயைக் கிடையாகவோ அல்லது நிலைக்குத்தாகவோ பொருத்தலாம். கிடையாக வைக்கும்போது படத்தை நேரடியாகப் பார்க்கலாம். நிலைக்குத்தாக வைக்கும்போது அதற்கு மேலே திரைக்குச் சாய்வாக ஒரு கோணத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஆடியில் பார்க்கலாம். திரையின்மீது படுகின்ற எலெக்ட்ரான்களை உட்கவர்தலுக்காக இது ஓர் உயர்ந்த நேர் மின்னழுத்தத்தில் நிலைநிறுத்தப்படுகிறது.

பின்னித் துருவுதல் (Interlaced scanning) : படம் திரையின் மீது மினுக் மினுக்கென ஒளிவிடாமல் (flicker) இருப்பதற்காக ஒவ்வொரு முழுத் துருவலும் மிக உயர்ந்த வேகத்தில் செய்யப்படவேண்டும்; ஒவ்வொரு முழுத் துருவலும் திரும்பத்திரும்ப நிகழ்தலும் மிக விரைவாகவே நடக்க வேண்டும். இந்த விளைவு பின்னித் துருவுதல் என்பதால் பெறப்படுகிறது. இச் சாதனத்தில் படம் இரு தனிச் செயல்களால் துருவப்படுகிறது. பரப்பியின் திரள் திரையில் சிறு துகள்களின் கிடையான 400 வரிசைகள் இருக்கின்றன எனக் கொண்டால், துருவும் இரு செயல்களில் முதலாவதில் ஒன்றுவிட்டு ஒன்றுள்ள வரிசைகள் அதாவது, முதல், மூன்றாவது, ஐந்தாவது போன்ற வரிசைகள் துருவப்படுகின்றன. அடுத்த செயலில் இடைப்பட்ட வரிசைகள் அதாவது, இரண்டாவது, நான்காவது, ஆறாவது போன்ற வரிசைகள் துருவப்படுகின்றன. இரு செயல்களில் ஒவ்வொன்றும் வினாடிக்கு 50 தடவைகள் செய்யப்படுகின்றன; ஆனால், முழுவதும் துருவுதலுக்கு இரு செயல்கள் தேவைப்படுவதால் முழுப்படமும் உண்மையில் வினாடிக்கு 25 தடவைகளே துருவப்படுகின்றன. இந்த வழியில் உண்மையில் படத்தைப் பரப்புவதனைப் பொறுத்தமட்டில் வினாடிக்கு 25 தடவைகள் எனும் வீதத்திலேயே துருவப்பட்டாலும் மினுக்மினுக்கென ஒளிவிடுதல் வினாடிக்கு 50 தடவை துருவும் வீதத்திலுள்ள விளைவிற்குக் குறைக்கப்படுகிறது. இந்தச் செயல்முறை, பரப்ப விரும்பும் அலைவெண் வரிசையினைக் குறைப்பது அதே நேரத்தில் வினாடிக்கு 50 தடவை எனும் துருவு

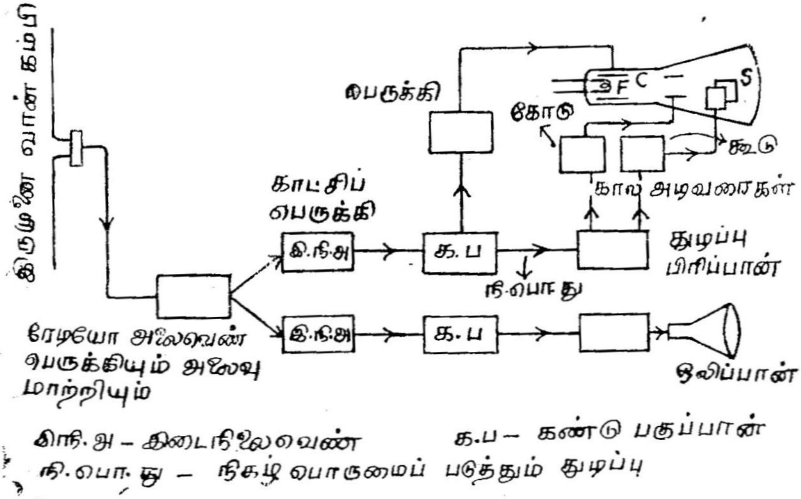
வீதத்திற்கு இயைந்த மீட்டுருவாக்கலின் உயர் பண்பை விடாமல் பெற்றிருப்பது ஆகிய இரு நன்மைகளை ஒருங்கே பெற்றுள்ளது. திரளில் 400 வரிசைகள் இருப்பதாலும் 1/50 விநாடியில் இவற்றில் பாதி துருவப்படுவதாலும் துருவு வீதம் (rate of scanning) விநாடிக்கு $200 \times 50 = 10,000$ கோடுகள். எனவே, கிடை இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் ஒதுக்கும் சுருள்களுக்கு விநாடிக்கு 10,000 சுழற்சிகள் உடைய ஒரு கால அடி வரை கொடுக்கப்படுகிறது. மேலும், கற்றை ஒரு முறை மேலிருந்து கீழே போக 1/50 விநாடி ஆவதால் நிலைக்குத்து இயக்கத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் சுருள்கள் விநாடிக்கு 50 சுழற்சிகள் உடைய கால அடிவரையுடன் இணைக்கப்படுகின்றன. பரப்பும் நிலையத்தில் ஒரு தனி மின்னுக்கி 50-லிருந்து 10,000 அலைவெண் வரை யுடைய மின்னியக்கு விசைகளையும் நிகழ்வொருமைப்படுத்தும் சைகைகளையும் உண்டாக்குகிறது.

ஆர்த்திகான் (Orthican) : ஸ்வோர்கினுடைய இகனஸ்கோப்பின் செயல்திறமானது உயர்வேக துருவு கற்றையினால் திரள் திரையிலிருந்து விடுவிக்கப்படும் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களின் ஒரு சீராயில்லாத பொழிவினால் (shower) எதிர்பாராது திடீரெனப் பிம்பங்கள் தோன்றுவதால் ஓரளவிற்குத் தூய்மை கெடுகின்றது. மேலும் இட-மின்னேற்ற விளைவுகளால் இகனஸ்கோப்பின் மின் வெளிப்பாடு ஒளி விளக்கத்துடன் ஒருபடித் தொடர்பைப் பெற்றிருப்பதில்லை. இந்தக் குறைபாடுகள் 1939-ல் உருவாக்கப்பட்ட ஆர்த்தோ இகனஸ்கோப்பினால் (orthoiconoscope) (ஆர்த்திகான்) நீக்கப்பெற்றன. இந்தச் சாதனம் திரள் திரையைத் துருவுவதற்கு மெதுவேக (low-velosity) எலெக்ட்ரான்களைக் கையாளுகிறது. இதனால் கண்டறியக்கூடிய அளவு இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான் வெளியீடு ஏதுமில்லாமல் விலக்கி விடுகிறது; இகனஸ்கோப்பைவிடச் சிறந்த உருவ விளக்கத்தைக் கொடுக்கிறது. துருவும் எலெக்ட்ரான்களே சேகரிக்கப்படுகின்றன; இச் சேர்க்கையின் மின்னோட்ட மாறுதல்களே மின் துடிப்புகளாக அமைகின்றன. குவிமுகப்படுத்துதலைக் குலைக்கும் விளைவுகள் மிகவும் இடரார்ந்தவை; துருவும் கற்றை திரள் திரையின் மீது செங்குத்தாகப் படுகிறதென உறுதி செய்துகொள்வதற்கேற்ற நடவடிக்கைகளை மேற்கொண்டு இவ் விளைவுகள் தவிர்க்கப்படுகின்றன. ஒளி விளக்கம் குபீரென அதிகரிக்கும்போது ஆர்த்திகானின் நிலைத்த தன்மை குலைகிறது; ஒளிவிளக்கம் குபீரென அதிகரிக்கும்போது திரள் திரையானது நிலைதிரிபு முறையில் நிறைநிலையடைந்து ஒன்று அல்லது இரண்டு விநாடி நேரம் ஒரு பெரிய சாம்பல் நிறப் பரப்பினால் பிம்பத்தைத் துடைத்தழித்துவிடுகிறது.

1945-லிருந்து ஆர்த்திகான் பிம்ப ஆர்த்திகானுக்குத் (image orthican) தன் இடத்தை விட்டுக் கொடுத்துவிட்டது. இது ஆர்த்தி கானின் மேம்பட்ட உருமாதிரியாகும்; உயர்ந்த உணர்திறம், நிலைத்த தன்மையுடன் வேலை செய்தல் ஆகிய தற்சிறப்புப் பண்பேற்றங்களைப் பெற்றது. இது இரு மின்வாய்களை உடையது. அவையாவன: ஒளி எதிர்மின்வாய் (photo cathode) மற்றும் முந்தைய குழாய்களிலிருந்த திரள் திரையின் செயலைச் செய்வதற்கெனத் தனியாகத் தயாரிக்கப்பட்ட ஓர் இலக்கு. ஒளிப்படக்கருவியின் புறவாயில் கற்றை மின்னோட்டத்தை உயர்த்துவதற்கெனக் குழாயில் ஓர் எலெக்ட்ரான் பன்மடங்காக்கியும் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. பிம்ப ஆர்த்திகான் பொதுவாகப் புழக்கத்திலுள்ள குழாய்களிலேயே மிகவும் சிக்கலானது. ஒளிவிளக்கத்தின் மிக அகன்ற வீச்சு வரையில் வேலை செய்யும் திறமையைப் பொறுத்த அளவில் இது மற்ற எல்லா விசைமுறை மாற்று கருவிகளைக் (transducers) காட்டிலும் சிறப்பாக வேலை செய்கிறது.

பேசும் தொலைக்காட்சி (Talkie television): காட்சியோடு தொடர்புகொண்ட ஒலிகளையும் மீட்டுருவாக்கும் பேசும் படமாகத் தொலைக்காட்சி அமைந்தால் தொலைக்காட்சிக் கலையின் மதிப்புயருகிறது என்பது தெளிவு. இரு நிலையங்களுக்கிடையே ரேடியோத் தொலைபேசி அமைப்பு ஒன்றினை நிறுவுவதன் வாயிலாக இது செய்யப்படுகிறது. எதிர்முனைக் கதிர் அமைப்பில் ஒலியின் பகுதி தனி வாய்க்கால்கள்(channels) வழியாகப் பரப்பப்படுகிறது; முடிவாகப் பரப்பும் வான்கம்பிக்கு ஊட்டப்படுகிறது. ஏற்கும் நிலையத்தில் காட்சிச் சைகைகளும், ஒலிச் சைகைகளும் தனிவகையான ஒரே ஓர் இருமுனை வான்கம்பியினால் ஏற்கப்படுகின்றன. பிறகு இரண்டும் ஒரு ரேடியோ அலைவெண் பெருக்கி, அலைவெண் மாற்றி (frequency changer) ஆகியவற்றின் வழியாக அனுப்பப்படுகின்றன. அலைவெண் மாற்றியின் புறவாய்ச் சுற்றில் சைகைகள் பிரிகின்றன. ஒலிச் சைகை கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியிலுள்ளதைப் போல் அதனுடைய பெருக்கி, கண்டுபகுப்பான்களின் வாய்க்கால் வழியாக ஓர் ஒலிப்பானுக்குச் செல்கிறது. காட்சிச் சைகை பெருக்கப்பட்ட பிறகு கண்டுபகுக்கப்படுகிறது. அப்போது அது படச் சைகைகளையும் நிகழ்வொருமைப்படுத்தும் சைகைகளையும் பெற்றிருக்கும். படச் சைகைகள் எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயின் ஆட்சி வாய்களுக்கு ஊட்டப்படுகின்றன. அங்கே படத்தினுடைய ஒளியையும் நிழலையும் உண்டாக்குமாறு பொட்டின் பொலிவு கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. நிகழ்வொருமைப்படுத்தும் துடிப்புகள் துடிப்பு ஆக்கியில் (impulse generator) வடிகட்டப்பெற்று இரு கால அடிவரைகளையும்

கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. இதனுல் பொட்டானது ஏற்பியின் திரையைப் பரப்பியில் துருவுதலுடன் ஒத்தியங்கும் வகையில் துருவுகின்றது. இவ்வாறாக, படம் மீட்டுருவாக்கப்



படம் 107. பேசும் தொலைக்காட்சி ஏற்பி

படுகிறது. முடிவாகப் பேசும் தொலைக்காட்சி கிடைக்கிறது. பேசும் தொலைக்காட்சி ஏற்பி விளக்கப்படமாகக் (படம் 107) காட்டப்பட்டுள்ளது.

வண்ணத் தொலைக்காட்சி (Colour television) : தொலைக்காட்சியில் அனுப்பப்படும் படம் கருப்பும் வெள்ளையுமாகவே இருந்துவிட்டால் அதன் கவர்ச்சியையும் திட்டத்தையும் பெரிதும் இழந்துவிடுகிறது. ஏனெனில், வண்ணத்தோடு விளங்கினுல் அக் காட்சி மெய்யாகவே இருப்பது போன்ற உணர்ச்சியுண்டாகிறது ; மாறுபட்ட பொருள்கள் நன்கு வேறுபட்டுக் காணப்படும் ; ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஆழ உணர்ச்சியையும் (impression of depth) கொடுக்கிறது. எனவே, தொடக்கத்திலிருந்தே சிவப்பு, பச்சை, நீலம் ஆகிய மூன்று அடிப்படை நிறங்களையோ அல்லது ஆரஞ்சு—சிவப்பு, நீலம்-பச்சை ஆகிய நிரப்பும் நிறங்களையோ (complementary colours) பயன்படுத்தி வண்ணத் தொலைக்காட்சியைத் தோற்றுவிக்க முயற்சிகள் செய்யப்பட்டன. ஆரம்ப நிலைகளில் துருவும் தகட்டுக்குப் பதில் மூன்று சுருள் தகடு (triple spiral disc) ஒன்று பயன்படுத்தப்பட்டது. இதில் மூன்று தொகுதித் துளைகள் முறையே சிவப்பு, பச்சை, நீல வடிகட்டிகளால் மூடப்பட்

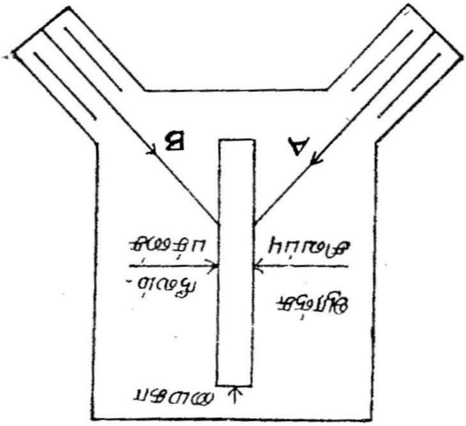
டிருந்தன. பரப்பியில் பொருள் முதலில் ஒரு சிவப்பு ஒளிக்கற்றையாலும், பிறகு பச்சை ஒளியாலும், இறுதியில் நீல ஒளியாலும் துருவப் பெற்றன. ஏற்பியில் பரப்பியிலுள்ள துருவு தகட்டிற்கு முற்றிலும் ஒத்ததும் அதனோடு நிகழ்வொருமையில் சுழல்வதுமான ஒரு துருவு தகடு பயன்படுத்தப்பட்டது. சிவப்பு, நீல, பச்சைத் துடிப்புகள் ஏற்கப்படும்போது அவற்றிற்கியைந்த ஒளி விளக்கங்களைக் கொடுப்பதற்கான அமைப்புகள் ஏற்பாடு செய்யப் பட்டிருந்தன. இதன் விளைவாகப் பொருளை ஒத்திருக்கின்ற வண்ணப்படம் உருவாகியது.

எலெக்ட்ரான் கற்றையினால் துருவும் முறை வந்தவுடன் வண்ணத் தொலைக்காட்சி கீழ்க்கண்டவாறு முதன் முதல் தோற்றுவிக்கப்பட்டது. எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயின் நகரும் பொட்டிற்கும் தொலைக்காட்சி வாயிலாக அனுப்பவேண்டிய காட்சிக்கும் இடையே சிவப்பு, பச்சை, நீல வடிகட்டிகளும் ஒரு வில்லையும் உடைய ஒரு தகட்டினைச் செருகி, காட்சியிலிருந்து திருப்பமடைந்து வரும் ஒளியானது மனிதக் கண்ணிற்குத் தோராயமாக ஒத்த நிற எதிரளிப்பை (colour response) உடைய ஒளிமின்கலங்களில் ஏற்கப்படுகிறது. ஏற்பியில், ஒளிர்திரையில் தோன்றும் படம் பரப்பியிலுள்ள தகட்டோடு நிகழ்வொருமையுடன் சுழலுகின்ற ஒரு நிறத் தகட்டின் வழியாக ஒரு திரையின்மீது வீழ்த்தப்படுகிறது அல்லது ஒரு நிறம் வடிகட்டும் தகட்டின் வழியாக நேரடியாகப் பார்க்கப்படுகிறது.

மிகவும் அண்மைக்காலத்தியத் தொழில் நுணுக்கத்தில் எந்திர நிறம் வடிகட்டும் தகடுகள் முற்றிலும் நீக்கப்பெற்றுவிட்டன. எதிர்முனைக்கதிர்க் குழாயின்மீது தனித்தனி பிம்பங்களை உருவாக்கி அவற்றை ஒரு காட்சித் திரையில் சேர்த்துப் பார்க்கின்ற தத்துவம் சிறந்த முடிவுகளுடன் கையாளப்படுகிறது. ஒளிர்திரையின்மீது சிவப்பு, பச்சை, நீலம் ஆகிய மூன்று நிறங்களுக்கும் இயைந்த மூன்று பிம்பங்கள் ஒன்றுக்கு மேலே ஒன்றாக உருவாக்கப்படுகின்றன. கவனமாக அமைக்கப்பட்ட வில்லைகளின் ஓர் அமைப்பினால் மூன்று பிம்பங்களும் ஒரு திரையின்மீது ஒன்றன்மீதொன்றாகப் படும்படி செய்யப்படுகின்றன. இத் திரையின் படம் கிட்டத்தட்ட அதன் இயற்கையான நிறத்தில் உருவாகிறது.

மிகவும் புதுமையான நுணுக்கம் முற்றிலும் எலெக்ட்ரான் செயலால் ஆனது. இங்கே நிற பிம்பம் நேராக ஒளிர்திரையின் மீதே தோன்றுகிறது. இங்கே எதிர்முனைக் கதிர்க்குழாய் ஒரு தனி அமைப்பை உடையது; இரு நிற அமைப்பில் இரு தனி

எலெக்ட்ரான் கற்றைகளும், மூன்றுநிற அமைப்பில் மூன்று தனி எலெக்ட்ரான் கற்றைகளும் உள்ளன. இக் கற்றைகள் முதனிலே வண்ணப்படத்திற்கு இயைந்த உள்வரும் சைகைகளால் பண்பேற்றப்படுகின்றன. இவை பொருத்தமான நிறங்களுக்குரிய ஒளிர் பொருள்களால் (fluorescent material) பூச்சிடப்பட்டுத் தனியாகத் தயாரிக்கப்படும் ஒரு திரையின் மீது மோதுகின்றன. காட்டாக இரு நிற அமைப்பில் (படம் 108) இரு எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் A-ம் B-ம் ஒரு மெல்லிய, ஒளி ஊடுருவும் மைகா தகட்டின் இரு எதிர்ப் பக்கங்களையும் துருவுகின்றன. இத்



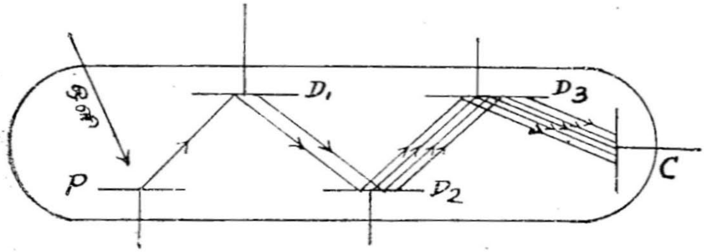
படம் 108. வண்ணத் தொலைக்காட்சி

தகட்டின் ஒரு பக்கம் ஆரஞ்சு-சிவப்பு நிறத்தைக் கொடுக்கக் கூடிய ஒளிர்பொருளாலும் மற்றொரு பக்கம் நீல-பச்சை நிறத்தைக் கொடுக்கும் ஒளிர்பொடியாலும் (fluoresent powder) பூச்சிடப்பட்டிருக்கும். இம் முறையில் ஒரு பக்கத்தில் ஆரஞ்சு-சிவப்பு நிற பிம்பமும் மறுபக்கத்தில் மற்றொரு நீல-பச்சை பிம்பமும் உருவாகின்றன. மைகாவின் ஒளி ஊடுருவம் தன்மையினால் நிரப்பும் நிறங்களின் இரு பிம்பங்களும் சேர்ந்து உண்மையான நிறத்துடன் படம் தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இந்த முறையில் நிற வடிகட்டிகள் இல்லாததாலும் தேவையான நிறங்களையே கொடுக்கும் பொருத்தமான ஒளிர்பொடிகளையே பயன்படுத்துவதாலும் பொலிவு மிக்க படம் கிடைக்கிறது.

4. ஒளி பன்மடங்காக்கிகள் (Photomultiplier)

ஒளிபன்மடங்காக்கி அல்லது எலெக்ட்ரான் பன்மடங்காக்கி (electron multiplier) என்பது ஒளி மின்னோட்டத்தைப் பெருக்குவதற்காக இரண்டாம் நிலை வெளியீட்டு (secondary emission) நிகழ்ச்சியினைப் பயன்படுத்தும் ஒரு வெற்றிடக் குழாயாகும் (vacuum tube).

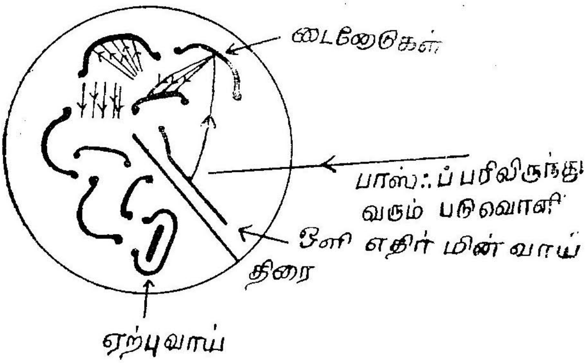
தத்துவம் : ஒளியுணர்ச்சியுடைய ஒரு மேற்பரப்பு *P*-யின் மீது ஒளி விழும்போது (படம் 109) ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு மின்புலத்தினால் வேகவளர்ச்சி பெற்று உணர்ச்சி மிக்க ஒரு மேற்பரப்பு D_1-ன் மீது மோதுகின்றன. இங்கே அவை அதிகரித்த எண்ணிக்கையில் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் வேக வளர்ச்சி பெற்று உணர்ச்சிமிக்க இரண்டாவது இலக்கு D_2-ன் மீது மோதி அங்கே இரண்டாம் நிலை வெளியீட்டினால் மேலும் எலெக்ட்ரான்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன. இத்தகைய வெளியீடு, வேக வளர்ச்சி நிலைகள் பல ஒளி பன்மடங்காக்கியில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன; ஒவ்வொரு நிலையிலும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை பெருக்கப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான்களின் இறுதி அருவி ஏற்பு வாய் *C*-யினால் ஏற்கப்படுகிறது. ஒளி முதன் முதலாக விழுகின்ற உணர்ச்சியுடைய மேற்பரப்பு *P* ஆனது ஒளி எதிர் மின்வாய் (photocathode) எனவும் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் மற்ற உணர்ச்சி இலக்குகள் D_1, D_2, D_3 ஆகியவை டைனோடுகள் (dynodes) எனவும் அழைக்கப்பெறுகின்றன. இவை இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களைத் தாராளமாக வெளிவிடுகின்ற வெள்ளி ஆக்சைடு-ஸீசியப் படலத்தினால் பூச்சிடப்பட்டுள்ளன. ஒளி பன்மடங்காக்கிக் குழாய் ஒவ்வொரு நிலைக்கும் 100 வோல்டுகள் என வேலை செய்யும்போது அதனால் கிடைக்கக்கூடிய பெருக்கம் ஒரு மில்லியன் எனும் அளவில் இருக்கும்.



படம் 109.

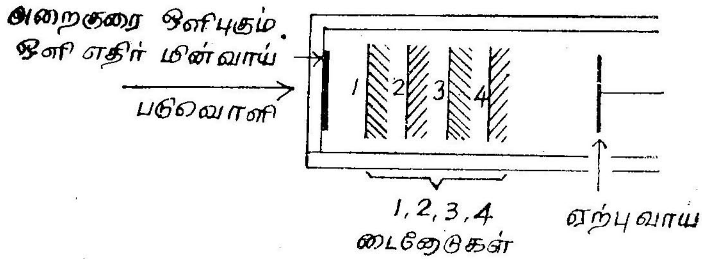
புழக்கத்திலுள்ள ஒளி பன்மடங்காக்கிகள் : உண்மையான புழக்கத்தில் இரண்டு உள்ளன. ஒன்று ஆர். சி. ஏ. யாலும் (R.C.A.) மற்றொன்று ஈ. எம். ஐ. (E.M.I.) ஆலும் வகுக்கப் பெற்றவை. அவை விளக்கப்படமாகப் படங்கள் 110, 111-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. அமெரிக்கக் குழாய் ஆர். சி. ஏ. ஒரு குவிமுகப்படுத்தப் பெற்ற வகை. இது வளைந்த டைனோடுகளின் வரிசை பொருத்தப் பெற்றது. ஒவ்வொரு டைனோடிலும் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்

ரான்கள் வரிசையிலுள்ள அடுத்த டைனோடின் மேற்பரப்பின் மீது குவிமுகப்படுத்தப்பெறும் வகையில் இந்த டைனோடுகள்



படம் 110. ஆர். சி. ஏ. ஒளி பன்மடங்காக்கி

அமைக்கப்பெற்றுள்ளன. ஆங்கில வகை (ஈ எம். ஐ.) ஒரு குவி முகப்படுத்தப் பெறாத நேர்கோட்டு வகை. இங்கே டைனோடுகள் வெனீஷியன் பலகணித்திரை (venetian blind) வடிவில் அமைக்கப்



படம் 111. ஈ. எம். ஐ. ஒளி பன்மடங்காக்கி

பெற்றுள்ள உலோகச் சிம்புகளால் ஆனது. மேற்பரப்புகளால் விடுவிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் சிம்புகளின் இடையே மின் புலத்தின் ஆட்சியினால் இழுத்துச் செல்லப்பட்டு வேக வளர்ச்சி யடைந்து அடுத்த டைனோடின் மீது மோதுகின்றன. நுட்பம் வாய்ந்த வலை இடைவாய் ஒன்று ஒவ்வொரு டைனோடிற்கும் முன்னால் வைக்கப்படுகிறது. இதனால் எலெக்ட்ரான்கள் இதற்கு முந்திய நிலையினுடைய மின்புலத்தின் ஆட்சிக்கு உட்படாமல் தடுக்கப்பெற்று அவை எளிதில் விடுபட முடிகிறது.

தொலைக்காட்சி அமைப்பில் பிம்ப ஆர்த்திகானிலுள்ளது போல எங்கெங்கெல்லாம் சிறு எலெக்ட்ரான் ஓட்டங்கள் பெருக்கப்

கப்பட வேண்டியுள்ளனவோ அங்கங்கெல்லாம் ஒளி பன்மடங்காக்கிகள் கையாளப்படுகின்றன. இவை வேறுபடுத்திக் காட்டுவதற்காகும் நேரம் மிகமிகக் குறைவானதால் மினுமினுப்பு எண்ணும் பொறிகள் (scintillation counters) போன்ற நற்காலத்தியக் கடுவேக எண்ணும் சாதனங்களிலும் (super speed counting device) பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. ஒளி பன்மடங்காக்கியின் வெளிப்படும் துடிப்பு மிகக் குறுகியது. ஏனெனில், எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒரே நேரத்தில் வந்து சேருவதில்லை; அதனால் குழாயின் வேறுபடுத்திக் காட்டும் நேரம், அ-து., தனித்தனியாகப் பதிவுசெய்யப்படும் அடுத்தடுத்த இரு துடிப்புகளுக்கிடையே உள்ள மிகக் குறைந்த நேரம் 10^{-10} விநாடிகள் எனும் வரிசையில் உள்ளது. எனவே, மிக உயர்ந்த விதத்தில் எண்ணும் வேலைகளுக்கோ அல்லது துகள்கள் விரைந்து வந்து சேர்வதற்கிடையே ஆகும் மிகக் குறைந்த நேரங்களை அளப்பதற்கோ ஒளி பன்மடங்காக்கிகள் மிகுந்த பயனுடையன. ஈ. எம். ஐ. ஒளி பன்மடங்காக்கி 10^{-8} விநாடி வேறுபடுத்திக் காட்டும் நேரம் உடையது; ஆர். சி. ஏ. வகை 10^{-9} விநாடியுடையது. வேறுபடுத்திக் காட்டும் நேரத்தைப் பொறுத்தமட்டில் முந்தியது பயனுறுதிறன் குறைந்ததாக இருப்பதற்குரிய காரணம் ஒரு நிலையிலிருந்து மற்றொரு நிலைக்குச் செல்ல ஆகும் நேரம் சற்று நீண்டிருப்பதும் அது சற்று மாறுவதுமே யாகும்.

5. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

முன்னுரை: எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி என்பது அதன் பெயரே சொல்லுவதுபோல நுண்ணிய பொருள்களை (வெறும் கண்ணால் முழு விவரங்களுடன் நேரடியாகப் பார்க்க முடியாத) உருப்பெருக்கும் ஒரு சாதனமாகும். இங்கே சாதாரண ஒளி நுண்ணோக்கியில் உள்ளதுபோல ஒளிக்கதிர்களுக்குப் பதிலாக எலெக்ட்ரான் கற்றை பயன்படுத்தப்பெறுகிறது.

இந்தப் புதிய உருப்பெருக்கும் கருவியின் முக்கியத்துவத்தை முழுதும் உணர்ந்து பாராட்டுவதற்கு நுண்ணோக்கிகள் நுணுக்கத்தினது படிப்படியான வளர்ச்சியின் பல கட்டங்களையும் அறிய வேண்டும். மனிதனின் கண் 0·02 செ.மீ. எனும் அளவிலுள்ள பொருள்களைத்தாம் தானாகவே பார்க்க முடியுமாதலால் மிக நுண்ணிய துகள்களைப் பார்க்க முடியாத மனிதப் பார்வையின் குறையினை நிறைவு செய்ய நெடுங்காலத்துக்கு முன்னரே நுண்ணோக்கிகள் பழக்கத்திற்கு வந்தன. முதலில் எளிய உருப்பெருக்கு வில்லையும் (magnifying lens), பிறகு கூட்டு நுண்ணோக்கியும் (compound microscope), மிகவும் அண்மையில் மீ நுண்ணோக்

கியும் (ultra microscope) சிறிய, அவற்றினும் சிறிய பொருள் களை விவரங்களுடன் பார்த்துணரும் எல்லையினைப் படிப்படியாக நீட்டின ; 0·0002 செ.மீ. வரம்பினை அடைந்தன. உருப்பெருக் கத்திற்கு (magnification) இந்த எல்லை ஏற்படக் காரணம் கருவி யினைத் திட்டமிடுதலிலோ அல்லது அமைத்தலிலோ உள்ள குறை பாடுகளல்ல ; ஆனுல், பொருளை ஒளியூட்டப் பயன்படும் ஒளியே யென்ன விரைவிலேயே கண்டறியப்பட்டது. மீ நுண்ணோக்கி வகுத்த எல்லைக்கு (ஏழத்தாழ 3000) மிகமிக உயர்ந்த அளவில் உருப்பெருக்கு வில்லைகளின் தொகுப்பு ஒன்றினை அமைப்பதில் உண்மையில் தொல்லை ஏதுமில்லை. ஆனுல், அதனுல் நாம் அடை யும் ஆதாயம்தான் எதுவுமில்லை. ஏனெனில், அப்போது பிம்பம் பெரிதாக இருக்கும் என்பது உண்மையேயானுலும் அது அதற் கேற்பக் கலங்கி இருக்கும் (blurred); புதிதாக விவரங்கள் ஏதும் வெளிப்படா. உண்மையில் ஒளிதான் உருப்பெருக்கத்திற்கு ஒரு வரம்பு கட்டுகிறது. ஒளி நுண்ணோக்கிகளில் ஒளியூட்டுவதற்குப் பயன்படும் கண் காணும் ஒளியின் (visible light) அலைநீளம் 6×10^{-5} செ.மீ. எனும் வரிசையிலிருக்கும். இந்த அலை நீளத்தை விடச் சிறிய அளவைகளை (dimensions) உடைய பொருள்களைப் பார்க்க முடியாது. ஏனெனில், ஒளி அவற்ருல் சிதறடிக்கப் படாமல் அவற்றிற்கிடையே புகுந்து சென்றுவிடும். அடுத்துக் குறுகிய புற ஊதா அலைகளைக் கொண்டு இந்த வரம்பினை மேம் படச் செய்ய முயற்சிகள் செய்யப்பட்டன. ஆனுல், பெரு வெற்றி ஏதும் கிட்டவில்லை.

அதன்பின்தான் ஒளிக்கதிர்களுக்குப் பதில் எலெக்ட்ரான் கற்றையினைப் பயன்படுத்தலாமென்ற எண்ணம் தோன்றியது. ஆனுல், அத்தகைய ஓர் எண்ணம் விஞ்ஞானிகளுக்கு, தானே தோன்றுமுன்னர் இயக்கத்திலிருக்கும் எலெக்ட்ரான்களின் சில குறிப்பிட்ட பண்புகளைக் கண்டுபிடிக்கவும் அவற்றை உணரவும் வேண்டியிருந்தது. அவை சிறப்பாக இரண்டாகும். முதலாவது, இயங்கும் எலெக்ட்ரான்களின் அலைப் பண்பு. இது முதன்முதலாக லூயி டி பிராக்லியினுல் (Louis de Broglie) கொள்கை அடிப்படை யில் முன்மொழியப்பட்டு அதற்குச் சிறிது காலம் பின்னர் டேவிஸன் (Davisson), கெர்மர் (Germer), ஜி. பி. தாம்ஸன் (G.P. Thomson) மற்றும் பலர் எலெக்ட்ரான்கள் விளிம்பு விலகல் (electron diffraction) பற்றிச் செய்த சோதனைகளால் உறுதி செய்யப்பட்டது. இரண்டாவது, எலெக்ட்ரான்களை மின் வில்லை களாலும் (electric lenses) காந்த வில்லைகளாலும் (magnetic lenses) குவிமுகப்படுத்தும் சாத்தியக் கூறு. ஜெர்மனியில் 1926—27-ல் புஷ் (Busch) என்பார் எதிர்முனைக் கதிர்களைப் பொறுத்த

மட்டில் காந்தச் சுருள்களின் குவிமுகப்படுத்தும் பண்புகளைச் செய்துகாட்டும் மேக் கிரிகோர்-மாரிஸ் (MacGregor-Morris) மற்றையோரின் சோதனைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு அச்சுச் சமச்சீருடைய (axially symmetric) மின் புலத்தாலும், காந்தப் புலத்தாலும் குறிப்பிடப்படுகின்ற எலெக்ட்ரான் வில்லையின் கொள்கையினை உருவாக்கினர். இந்தப் பண்புகள் 1930ஆம் ஆண்டுவாக்கில் முழுவதும் தேர்வு ஆய்வு செய்யப்பட்டதன் பின்னர் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியினை நடைமுறையில் திட்டமிட்டமைப்பதில் மேலும் ஒரு சிறு படியேயிருந்தது. 1932ஆம் ஆண்டில் மிகுந்த பொறுமையோடும் தேர்ச்சித் திறனோடும் முதல் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி அமைக்கப்பட்டது. மேலும் மேலும் தொடர்ந்து செம்மைப்படுத்தப்பட்ட நுணுக்கங்களால் நாளது வரையில் புதுப்பாணியில் அமைந்த எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஏறத்தாழ 20,000 உருப்பெருக்கத்தைக் கொடுத்தது; இதன் உயர் எல்லை 100,000. இவ்வாறாக, மிக உயர்ந்த திறனுடைய ஒளி நுண்ணோக்கிகளுக்கும் புலப்படாத மிகமிக நுண்ணிய பொருள்களின் முழு விவரங்களையும் நம் பார்வைக்குக் கொண்டு வரும் திறம் வாய்ந்த ஒரு சாதனத்தை எண்ணியும் பார்த்திருக்க முடியாது.

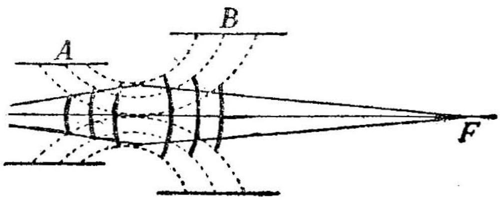
தத்துவம்: பயனுடைய உருப்பெருக்கத்தைப் பெற இரு நிபந்தனைகளை நிறைவேற்ற வேண்டும். சிறு விவரங்களையும் வேறுபடுத்திக் காட்டும் தன்மை உயர்வாக இருக்க வேண்டும். அவ்வாறு வேறுபடுத்திக் காட்டப்படும் விவரங்கள் கண்ணுக்குப் புலனாகும் தன்மையுடனிருக்க வேண்டும். எனவே, கருவியின் உயர்ந்த வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனும் (resolving power) அதே நேரத்தில் உயர்ந்த புலனாகும் தன்மையும் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு உருப்பெருக்கும் திறன் அதிகமாக இருக்கும். வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன் அதிகரிக்க புலனாகும் தன்மை குறைந்தால் எந்தப் பயனுமில்லை. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் விவரங்கள் புலனாகும் தன்மைக்குக் கேடில்லாமல் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனைப் பெருமளவு அதிகரிக்க முடியும். இதற்குப் பயன்படுத்திய இரு அடிப்படைத் தத்துவங்களாகிய எலெக்ட்ரான்களின் 'அலை' த் தன்மைக்கும் எலெக்ட்ரான்களை மின், காந்த வில்லைகளால் குவிமுகப்படுத்தலுக்கும் நன்றி.

வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன்: நுண்ணோக்கியின் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன் இரு காரணிகளைப் பொறுத்திருக்கிறது. அவை யாவன: பயன்படுத்தப்பெறும் ஒளியின் அலைநீளம், எண்மான

இடையிடம் (numerical aperture). பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு சிறிதாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு வேறுபடுத்திக்காட்டும் திறனும் அதிகமாக இருக்கும் ; ஆனால், எண்மான இடையிடம் குறைவாக இருந்தால் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனும் குறைவாக இருக்கும். இப்போது, எலெக்ட்ரான்கள் சிதறடிக்கப்படும்போது அல்லது விளிம்பு விலகலடையச் செய்யப்படும்போது அவை பிராக்லியின் தொடர்பு $\lambda = h/mv$ ஆல் கொடுக்கப்படும் அலைநீளத்தையுடைய ஒளியாக நடந்துகொள்கின்றன. இங்கே h என்பது பிளாங்க் எண் (Planck's constant) எனப்படும் ஒரு மாறிலியாகும். m-ம் v-ம் எலெக்ட்ரான்களின் பொருண்மையும் வேகமும் ஆகும். ஏறத்தாழ 60,000 வோல்ட்டுகள் மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் வேக வளர்ச்சியுறும் எலெக்ட்ரான்களின் v-யை $\frac{1}{2}mv^2 = eV$ எனும் தொடர்பிலிருந்து பெறலாம். அலை நீளம் λ ஆனது 5×10^{-10} cm. என்றாகிறது. இது கண்காணும் ஒளியினுடையதைக் காட்டிலும் 10^5 மடங்கு சிறியது. எனவே, எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன் ஒளி நுண்ணோக்கியினுடையதைக் காட்டிலும் 100,000 மடங்கு பெரிதாக இருக்கவேண்டும். ஆனால், எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியிலுள்ள எண்மான இடையிடம் ஒளி நுண்ணோக்கியிலுள்ளதைவிட வழக்கமாகச் சிறிதாக இருக்கும். வில்லையின் பிறழ்ச்சிகளால் ஏற்படும் எல்லை வரையறைகளால் எண்மான இடையிடம் சிறிதாக உள்ளது. எனவே, இந்தக் காரணி வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனைக் குறைக்கிறது. ஆனால், இப்படியிருந்தும்கூட எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன் சாதாரண நுண்ணோக்கியினுடையதைவிட மிகமிகப் பெரியது.

புலனாகும் தன்மை (Perceptibility): இரண்டாவது நிபந்தனை, அதாவது மிக உயர்ந்த முறையில் வேறுபடுத்திக் காட்டப்படும் போதும் விவரங்கள் தெளிவாகப் புலனாதல், எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் எலெக்ட்ரான் கற்றையினைக் குவிமுகப்படுத்தும் தனி அமைப்பினால் பெறப்படுகிறது. நுண்ணிய பொருளைத் தாக்கும் கற்றையிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் செறிவாக்கம் எவ்வளவுக்கெவ்வளவு அதிகமாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு பொருளால் சிதறடிக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாக இருக்கும்; இவை பொருளின் ஒவ்வொரு விவரமும் தெளிவாகப் புலனாகுமாறு செய்யும். தேவையான செறிவாக்கமானது கிடைக்கின்ற எலெக்ட்ரான்களையெல்லாம் செறிவுமிக்க, வேகமான கற்றையாகக் குவிமுகப்படுத்தலால் கிடைக்கிறது. குவிமுகப்படுத்தும் முறைகள் வழக்கத்தில் இரண்டுள்ளன: நிலைமின் குவிமுகப்படுத்துதல், காந்த குவிமுகப்படுத்துதல்.

நிலைமின் குவிமுகப்படுத்துதல் (Electrostatic focusing) : வெவ்வேருன நேர்மின்னழுத்தங்கள் கொடுக்கப்பட்ட இரு உருளைகளை *A*-ம் *B*-ம் (*A* ஆனது *B*-ஐ விடக் குறைந்த மின்னழுத்தம் உடையது) படம் 112-ல் காட்டியுள்ளது போல் அமைக்கப்பட்டால், அவற்ருல் விளையும் மின்புலம் புள்ளியிடப்பட்ட கோடுகளால் காட்டப்பட்டுள்ளது போலிருக்கும். சம மின்னழுத்தக் கோடுகள் (equipotential lines) வளைந்து முழுக்கோடுகளாகக் காட்டியுள்ளது

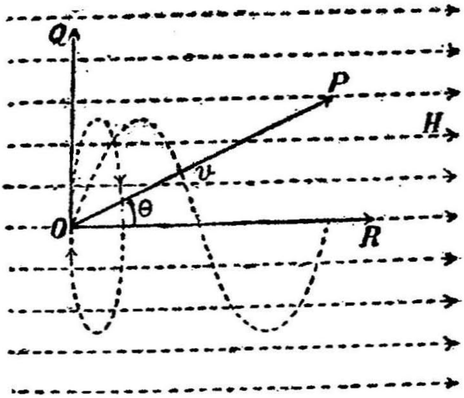


படம் 112.

போலிருக்கும். மின் விசைக் கோடுகள் (electric lines of force) எப்பொழுதும் சம மின்னழுத்தக் கோடுகளுக்கு நிலைக்குத்தாகவே இருக்கும். வளைந்த சம மின்னழுத்தத் தளங்கள் (equipotential planes) ஒரு நிலைமின் வில்லையை (electro static lens) உருவாக்குகின்றன. *A*-ல் இருப்பவை குவி வில்லையாகவும் (convex lens), *B*-ல் இருப்பவை குழிவில்லையாகவும் (concave lens) இருக்கும். எனவே, இரு உருளைகட்கும் ஊடே ஓர் எலெக்ட்ரான் கற்றை போனுல் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் *F*-ல் குவிக்கப்பெறும். *B* உருளையை *A*-ஐக்காட்டிலும் பெரிதாகச் செய்வதால் மின்விசைக்கோடுகள் அதிகமாகப் பரவலாக இருக்கும்படி செய்யலாம்; இதனுல் சம மின்னழுத்தக் கோடுகளிலும் அதனுல் குவிமுகப்படுத்தும் புள்ளியிலும் அதற்கியைந்த ஒரு மாற்றத்தினை உண்டாக்கலாம். இவ்வாருக இந்த அமைப்பினை ஓர் எலெக்ட்ரான் வில்லையாகப் பயன்படுத்தக்கூடும். ஒளி வில்லையின் குவியதூரம் அதன் விளைவு ஆரங்களால் நிச்சயிக்கப்பட்டு மாருமல் இருக்கும்போது எலெக்ட்ரான் வில்லையின் குவியதூரத்தை (focal length) உருளைகளின் மின்னழுத்தங்களையும் எலெக்ட்ரான்களின் வேகங்களையும் மாற்றுவதன் வாயிலாக நம் விருப்பம்போல் மாற்றிக் கொள்ள முடியும் என்பதனைக் கவனிக்கவேண்டும். இவ்வகையாகக் குவிமுகப்படுத்துதலைப்பற்றி எதிர்முனைக்கதிர் அலைவு வரைவியின் தொடர்பாக முன்னமே பார்த்தோம் (படம் 95 பார்க்க). எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியை அமைப்பதற்கு ஏதுவான முதல் நடைமுறை நிலைமின் வில்லை 1932-ல் ப்ருச் (Bruch), ஜான்சன் (Johnson) ஆகியோரால் செய்யப்பட்டது. அது 'மூற்கு பொருட்பகுதி வில்லை'

mmersion objective lens) அல்லது மூன்று மின்வாய் வில்லை (three electrode lens) என அழைக்கப்பட்டது. ஆனால், செறிவும் விரைவும் மிக்க எலெக்ட்ரான் கற்றை தேவைப்படும் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் காந்தக் குவிமுகப்படுத்துதல்தான் சிறப்பாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. காந்தக் குவிமுகப்படுத்தலி லும் காந்தவில்லைகளிலும் உள்ளிட்ட தத்துவத்தினைச் சுருக்கமாக இங்கே கூறுவோம்.

காந்தக் குவிமுகப்படுத்துதல் (Magnetic focusing) : H செறிவுடைய சீரான ஒரு காந்தப் புலத்தினுள் O-ல் உள்ள ஓர் எலெக்ட்ரானை எடுத்துக்கொள் (படம் *113*). இது புலத்தின் திசைக்கு θ கோணத்தில் உள்ள திசையில் v எனும் நேர் வேகத்துடன் சென்று கொண்டிருப்பதாகவும் கொள். OP ஆல் குறிக்கப்படும் எலெக்ட்



படம் 113.

ரானின் நேர் வேகத்தைப் புலத்தின் திசையில் $v \cos \theta$-க்குச் சமமான OR எனும் கூறாகவும், புலத்திற்கு நிலைக்குத்தான திசையில் $v \sin \theta$-க்குச் சமமான OQ எனும் கூறாகவும் பிரித்து எலெக்ட்ரான் நேர் வேகத்தின் இவ்விரு கூறுகளையும் தனித்தனியாகப் பெற்றிருந்தால் அதன்மீது புலத்தின் விளைவு என்னவென்பதனைப் பார்ப்போம். $v \cos \theta$ நேர் வேகத்துடன் H-ன் திசையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான் பாதிக்கப்படாது. எனவே, அது ஒரு நேர்கோட்டிலேயே செல்லும். மாறாக, H-க்குச் செங்கோணத்தில் $v \sin \theta$ உடன் சென்று கொண்டிருக்கும் எலெக்ட்ரான் H-ன் திசைக்குச் செங்கோணத்தில் இருக்கும் ஒரு வட்டத்தில் சென்று, புறப்பட்ட இடமாகிய O விற்கே வந்துசேரும். எனவே, $v \cos \theta$, $v \sin \theta$ ஆகிய இரு நேர் வேகக் கூறுகளையும் ஒரே நேரத்தில் பெற்றிருக்கும்

எலெக்ட்ரான் ஒரு வட்டத்தில் செல்லமுயலும்; ஆனால், அதே நேரத்தில் OR-ன் வழியாக $v \cos\theta$ எனும் சீரான நேர் வேகத்துடன் செல்லும். எனவே, எலெக்ட்ரானின் பாதை ஒரு திருகு சுழல் (helix) ஆகும். வட்டம் முடிவடைகிற நேரத்தில் எலெக்ட்ரான் R ஐ அடைந்திருக்கும்.

ஒரு வட்டத்தை அல்லது திருகு சுருளின் ஒரு சுற்றினை முடிப்பதற்காகும் நேரமும் திருகு சுழலின் புரியிடைத் தூரம் l (pitch) செல்வதற்கு ஆகும் நேரமுமான t-ஐக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம்:

$v \sin\theta$ கூறினால் ஏற்படும் வட்ட இயக்கம் (circular motion) கீழ்க்கண்ட தொடர்பால் நெறிப்படுத்தப்படுகிறது:

$$\mathrm{H}ev \sin\theta = \frac{m(v \sin\theta)^2}{\rho} \qquad \ldots (1)$$

இங்கே ρ என்பது வட்டத்தின் ஆரம்.

$$\text{இப்போது } t = \frac{2\pi\rho}{v \sin\theta} \qquad \ldots (2)$$

$$(1)\text{-லிருந்து } v \sin\theta = \frac{\mathrm{H}e\rho}{m}$$

$$\therefore \quad t = \frac{2\pi\rho}{\mathrm{H}(e/m)\rho} = \frac{2\pi}{\mathrm{H}(e/m)} \qquad \ldots (3)$$

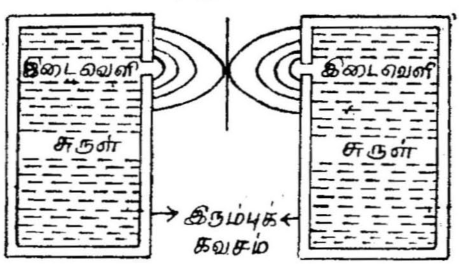
திருகு சுழலின் புரியிடைத் தூரம் l ஆனது OR வழியாக t நேரத்தில் எலெக்ட்ரான் கடக்கும் தூரமானதால்,

$$l = v \cos\theta \times t = \frac{2\pi v \cos\theta}{\mathrm{H}(e/m)} \qquad \ldots (4)$$

t நேரம் θ-ன் மதிப்பைப் பொறுத்ததன்று என்பது t-க்கான கோவையிலிருந்து வெளிப்படையாகத் தெரிகிறது. எனவே, O-விருந்து புறப்பட்டு OR திசையை விட்டு விலகி அப்பால் செல்லும் எலெக்ட்ரான் ஆனது புலத்தின் திசையில் l தூரத்திலுள்ள R எனும் புள்ளிக்கு வந்து சேருமாறு புலத்தினால் கட்டாயப் படுத்தப்படும். புலம் இல்லாதபோது அது OP திசையில் சென்று கொண்டிருக்கும். இதிலிருந்து, O விலுள்ள ஒரு தோற்றுவாயிலிருந்து வெளிவிடப்பட்டு ஒரு விரிகற்றையாக (divergent beam) உருவாகும் எலெக்ட்ரான்கள் சீரான ஒரு காந்தப் புலத்திற்கு ஆட்படுத்தப்பட்டால் அவை புலத்தின் திசையில் எலெக்ட்ரானின் திருகு சுழல் பாதையின் புரியிடைத் தூரமான l-க்குச்

சமமான தூரத்திலுள்ள ஒரு புள்ளியில் குவியுமாறு செய்யப்படும் என்பது தெரிகிறது. இவ்வாறாக, காந்தப்புலம் எலெக்ட்ரான் கற்றையின் மீது, ஒரு வில்லை விரி கற்றையின் மீது எவ்வாறு தொழிற்படுமோ அதே முறையில் தொழிற்படுகிறது. எனவே, இது ஒரு காந்தவில்லை என அழைக்கப்படுகிறது. இதன் குவிய தூரம் l. திருகு சுழலில் எலெக்ட்ரான்கள் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட முழுச் சுற்றுகளைச் செய்யுமாறு l சரி செய்யப் பட்டால் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட குவியப் புள்ளிகள் (local points) l, $2l$, $3l$ போன்ற தூரங்களில் உண்டாகும்; H-ஐ மாற்றி l தூரத்தை மாற்ற முடியும். இது l-க்கான கோவையிலிருந்து தெரிகிறது. ஆகையால், காந்த வில்லையானது ஒளிவில்லைகள் பெற்றிராத தனிப் பண்பைப் பெற்றிருக்கிறது. அதாவது, காந்தப் புலத்தின் செறிவை மாற்றி விருப்பம்போல் மாற்றிக் கொள்ளக்கூடிய குவிய தூரத்தை உடையது எனும் சிறப்புப் பண்பினைப் பெற்றிருக்கிறது.

எலெக்ட்ரான் ஒளியியலுக்கு (electron optics) கொள்கை அடிப்படையினை முன் மொழிந்த முதல் மனிதரான புஷ் (Busch) ஒரு குறுகிய வரிச்சுருளின் (solenoid) அச்சின் வழியாக உள்ள சீராகவில்லாத காந்தப்புலமும் வில்லையின் பண்புகளைப் பெற்றிருக் கின்றன எனவும், குவிய தூரம், காந்தப்புலத்தின் வலு, எலெக்ட்



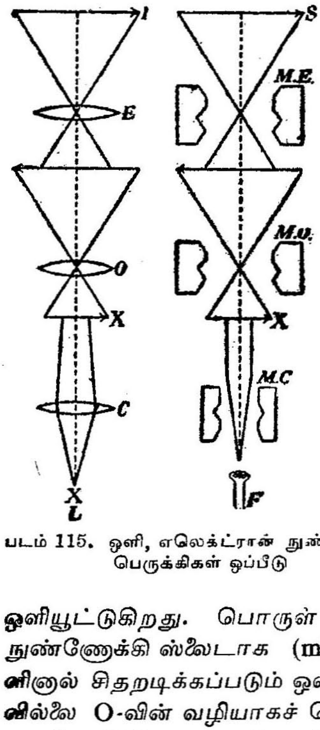
படம் 114. காந்த எலெக்ட்ரான் வில்லை

ரானின் வேகம் ஆகியவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொடர்பு அதற் கிணைந்த ஒளி வாய்பாட்டுடன் (formula) மிகவும் பொருந்தியிருக் கிறது எனவும் கணக்கியல் அடிப்படையில் நிறுவினர். 1927-ல் கபார் (Gabor) நெறியற்ற காந்தப் புலங்களைக் (stray magnetic fields) கணிசமாகக் குறைக்கக்கூடிய ஓர் இரும்புக் கவசத்தினுள் ஒரு வரிச்சுருளை வைத்துவிட்டால் அதன் அச்சின் ஊடே ஒரு குறுகிய தூரத்தில் காந்தப் புலத்தைச் செறிவாக்கம் செய்யக்கூடு

மெனக் காட்டினர். 1931-ல் நால் (Knoll), ரஸ்கா (Ruska) ஆகியோர் இரும்புக் கவசத்தின் கட்டுப்படுத்தும் ஆட்சியை உச்சமாக்கி நெறியற்ற காந்தப் புலத்தைச் சுருளின் அச்சிற்கு சமச்சீருடைய ஒரு குறுகிய இடைவெளியில் காந்த வில்லையின் பயன் விளைக்கும் புலமாகப் பயன்படுத்தினர்கள் (படம் 114). இந்த வகையானது கவசமிடப்படாத சுருளுக்குத் தேவையானதைவிட மிகக் குறைந்த சுருள் மின்னோட்டத்தினலேயே தேவையான காந்தப் புலத்தை உண்டாக்குகிறது. மேலும், இந்தச் சுருளினுடைய குவியதூரம் சில சென்டி மீட்டர்கள் இருந்தது. பொதுவாக, உயர்ந்த அளவு உருப் பெருக்கத்தை அடையவேண்டின் சிறும குவிய தூரம் எவ்வளவு முடியுமோ அவ்வளவு சிறிதாக இருக்க வேண்டும்; இச் சிறும குவியதூரம் சுருளின் வடிவமைப்பைப் பொறுத்தது.

புழக்கத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகள் : புழக்கத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளை இரு இனங்களாக வகைப்படுத்தலாம். அவையாவன : நிலைமின் வில்லை அமைப்பைப் பயன்படுத்தும் நிலைமின் வகை, காந்த வில்லைகளைப் பயன்படுத்தும் காந்த வகை. நிலைமின் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி, காந்த எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஆகிய இரண்டையுமே வெளிவிடும் வகையெனவும், பரப்பும் வகையெனவும் மேலும் இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். வெளிவிடும் வகையில் உருப்பெருக்கமடைந்த பிம்பம் எலெக்ட்ரான்களின் தோற்றுவாயான எதிர்மின்வாய் மேற்பரப்பின் மீட்டுருவாக்கமே. பரப்பும் வகையில் உருப்பெருக்கமடைந்த பிம்பம் எதிர்மின்வாய்க்கும் திரைக்குமிடையே செருகப்பட்டுள்ள பொருளின் மீட்டுருவாக்கமாகும். எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் முதல் பத்தாண்டுகால வளர்ச்சியில் செய்யப்பட்ட எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளில் பெரும்பான்மையானவை நிலைமின் வெளிவிடும் வகையாகும். முதல் காந்த எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (இதுவும் வெளிவிடும் வகையைச் சார்ந்ததே) ஜெர்மனியில் 1932-ல் நால், ரஸ்கா ஆகியோரால் கட்டப்பட்டது. நிலைமின் வெளிவிடும் வகை உயர்ந்த உருப் பெருக்கத் திறனைப் பெற்றிருக்கவில்லை. வில்லைப் பிறழ்ச்சிகளைச் சிறுமமாக வைத்துக்கொள்வதற்காகவேண்டிய எல்லையான இடையிடத்தின் மதிப்பு சிறிதாக இருத்தல், எதிர்மின்வாய் மேற்பரப்பின் வழுவழுப்புத் தன்மை, இட மின்னேற்றத் திரிபுகளைத் தவிர்ப்பதற்காக ஒப்பீட்டில் தாழ்ந்த வெப்ப நிலையில் வேலை செய்தல் போன்ற பல வரம்பிடும் காரணிகளால் உருப்பெருக்கத்திறன் பெரிதாக இல்லை.

தற்காலத்திய எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி சாதாரணமாக காந்த வெளிவிடும் வகையைச் சேர்ந்ததே. இதில் மிகக் குறுகிய குவியத் தூரங்களையுடைய காந்த வில்லைகளையும் ஒளிச் சுருக்கும் வில்லையோடு (condenser lens) கூடுதலாக இரண்டு வில்லை நிலைகளைச் சேர்ப்பதாலும் மிகப் பெரிய உருப் பெருக்கம் கிடைக்கிறது; மேலும், ஆய்பொருள்களை (specimens) செருகுவதற்காகப் பொருள் நிறுத்து நிலை (object stage) ஒன்றும் உள்ளது. இந்தக் கருவி ஒளி நுண்ணோக்கியிலிருந்து அளவு, தோற்றம், விலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்தமட்டில் மிகவும் வேறுபட்டிருந்தாலும் (சில டன்கள் எடையிருக்கும், 8-லிருந்து 9 அடி உயரம் இருக்கும், கண்டறிதலுக்காக வசதியான உயரத்தில் பல கண் பகுதி வில்லைகள் இருக்கும், விலை ரூ 1,00,000 வாக்கில் இருக்கும்) இது வேலை செய்யும் தத்துவம் சாதாரண நுண்ணோக்கியினுடையதைப் போன்றதே. எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியானது உண்மையில் ஒளி நுண்ணோக்கியின் சரி நேர் பகுதியேயாகும். இதனைப் படம் 115-ல் காணலாம்.



படம் 115. ஒளி, எலெக்ட்ரான் நுண் பெருக்கிகள் ஒப்பீடு

சாதாரண நுண்ணோக்கியில் சூரிய ஒளி அல்லது மின் விளக்கு போன்ற ஒரு தோற்றுவாய் L-லிருந்து வருகின்ற ஒளி ஓர் ஒளிச் சுருக்கும் வில்லை C-ன் மீது விழும்படி செய்யப்படுகிறது. சுருக்கப்பட்ட ஒளி பெருக்கப்பட வேண்டிய பொருள் X-ஐ ஒளியூட்டுகிறது. பொருள் ஏறத்தாழ 1 மி.மீ. கனமுடைய ஒரு நுண்ணோக்கி ஸ்லைடாக (microscopic slide) இருக்கலாம். பொருளினால் சிதறடிக்கப்படும் ஒளியானது அடுத்து ஒரு பொருள் பகுதி வில்லை O-வின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. இந்தப் பொருட் பகுதி வில்லைதான் பெருக்கமடைந்த பிம்பத்தை உருவாக்கும் முதல் அமைப்பாகும். பிறகு ஒளி கூடுதலான உருப்பெருக்கத்தை அளிக்கும் ஒரு கண் பகுதி வில்லை E-ன் மீது பட்டு இறுதியாக நேரடியாகப் பார்க்கும்போது கண்ணில் விழுகிறது அல்லது ஒரு ஒளிப்படத் தகட்டின் மீது உருப்பெருக்கமடைந்த பிம்பம் I ஆகப் பதிவு செய்யப்படுகிறது. ஒரு கூரிய பிம்பம் கிடைக்கும் வகையில் வில்லைகளைச் சரி செய்வதே குவிமுகப்படுத்தும் முறையாகும்.

காற்றும் கண்ணுடியும் இடைநிலைப் பொருள்களாகப் பயன்படு கின்றன. விவரமாகக் கண்டறியக்கூடிய மிகச் சிறு துகள் 0·00002 செ.மீ.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் (இது மாற்றியமைக்கப் பட்ட ஒரு பெரிய எதிர்முனைக் கதிர்க் குழாயேயாகும்) வெண்மை யாக சூடாக்கப்பட்ட ஒரு டங்ஸ்டன் இழை F-லிருந்து வெளிவரும் எலெக்ட்ரான்களின் அருவி 50,000 வோல்ட்டுகள் எனும் வரிசை யிலுள்ள ஓர் உயர் மின்னழுத்த வேறுபாட்டினுல் வேக வளர்ச்சி பெற்ற பின் எலெக்ட்ரான் கற்றையைச் செறிவாக்கம் செய்யும் சுருக்கியாகச் செயல்படும் ஒரு முதல் காந்த வில்லை *M.C.* வழி யாகச் செலுத்தப்படுகிறது. பிறகு, இந்தச் செறிவாக்கம் பெற்ற கற்றை பெருக்கப்படவேண்டிய பொருள் X-ன்மீது வீசப்படுகிறது —இங்கே பொருள் 10 மில்லி மைக்ரான்கள் கனமுடைய ஒரு கொலோடின் (collodion) ஏடாகும். கற்றையிலுள்ள சில எலெக்ட்ரான்கள், அ-து., பொருளைத் தாக்குபவை நிறுத்தப் படுகின்றன. ஆனுல், அதனுல் சிதறடிக்கப்படுபவை மேலே தொடர்ந்து சென்று காந்த பொருட்பகுதி வில்லை *M.O.*-வினை ஊடுருவிச் செல்கிறது. இங்கே பெருக்கமடைந்த முதல் பிம்பம் உருவாகிறது. பிறகு இவை காந்த கண்பகுதி வில்லை அல்லது வீழ்த்தும் வில்லை *M.E.* வழியாகச் செல்கின்றன. அங்கே முதல் பிம்பத்தின் ஒரு பகுதியின் பெருக்கமடைந்த இரண்டாவது பிம்பம் உருவாகிறது. இந்த பிம்பம் ஓர் ஒளிர் திரை S-ன் மீதோ அல்லது ஓர் ஒளிப்படத் தகட்டின் மீதோ படுகிறது. ஒளிர் திரையின் மீது இவை ஏற்படுத்தும் மினுமினுக்குகளால் நேரடி யாகப் பார்க்கப்படுகிறது. ஒளிப்படத் தகட்டில் பட்டால் நிலையாகப் பதிவு செய்யப்படுகிறது. ஒளிர் திரையின்மீது ஒரு கூரிய பிம்பம் தெரியும் வரையில் சுருள்களிலுள்ள காந்தப் புலங் களின் செறிவைச் சரி செய்வதே குவிமுகப்படுத்துதலாகும். திரையைப் பார்த்துக் கொண்டிருக்கும் நோக்காளன் (observer) பொருளைப் பார்க்கவில்லை; ஆனுல், அதனுடைய பெருக்கமடைந்த நிழலைப் பார்க்கிருன். ஒளிக்குப் பதில் எலெக்ட்ரான் கற்றை யைப் பயன்படுத்துவதால் கருவி உயர்ந்த வெற்றிடத்தில் வேலை செய்ய வேண்டும். எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஒரு மில்லியன் உருப்பெருக்கத்திறன் (magnifying power) உடையது. எனவே, சிறந்த ஒளி நுண்ணோக்கியினுல் முடிந்ததைவிட 1000 மடங்கு சிறிய துகள்களையும் விவரங்களுடன் ஒளிப்படமெடுக்கும் ஆற்றல் வாய்ந்தது. எலெக்ட்ரான் வில்லைகளின் உள்ளார்ந்த வேறொரு நன்மையினையும் பெற்றுள்ளது. அதாவது, உயர்ந்த குவிய ஆழம் (depth of focus) உடையது. இதனுல், முவ்வளவை

களிலும் (three demensions) உருப்பெருக்கம் அடைய வழி செய்கிறது.

முதல் பரப்பும் வகை இருநிலை காந்த எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி 1934-ல் ரஸ்காவினுல் (Ruska) கட்டப்பட்டது. இது அதுவரை கட்டப்பெற்ற இதனையொத்த கருவிகளின் மூல முன் மாதிரியாகச் செயல்பட்டது. பல நாட்டு ஆய்வாளர்களால் இது செம்மைப்படுத்தப்பட்டது; தற்காலத்தியத் திட்ட அமைப்புகளில் மிக உயர்ந்த அளவு குறைபாடின்மை அடைந்துள்ளது. இங்கிலாந்து மெட்ரோபாலிடன் விக்கர்ஸ் எலெக்ட்ரிக் கம்பெனி (Metropolitan Vickers Electrical Co.) 1945-ல் உருவாக்கிய 50 கிலோவோல்ட் மெட்ரோவிக் (Metrovick) எலெக்ட்ரான் நுண்ணுக்கி எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விலகலுக்கான கூடுதலான வசதிகள் பொருத்தப்பட்டு எல்லாவற்றையும் உள்ளடக்கிய 50,000 உருப் பெருக்கம் கொடுத்தது. உண்மையில் இந்தக் கருவி கொடுக்கும் உருப்பெருக்கம் 10,000 தான். ஆனுல், இதனைத் தொடர்ந்து ஒளிப்பட பெரிதுபடுத்தும் முறைகளால் மேற்கொண்டு உருப் பெருக்கம் அடையக்கூடிய வகையில் இக் கருவியின் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன் உள்ளது.

பயன்கள் : எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியைக் கொண்டு மிக உயர்ந்த வரிசையிலுள்ள உருப்பெருக்கம், பெரிய வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன், அதிகரித்த குவிய ஆழம் ஆகியவற்றைப் பெற முடிவதனுல் தொழில், மருத்துவம், அறிவியல் ஆகிய பல துறைகளீல் தற்காலத்திய ஆராய்ச்சிகளுக்கு இக் கருவி இன்றியமையாத ஒரு சொத்தாக உள்ளது.

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியினைக் கொண்டு ஆராயப்படும் தொழிற் பிரச்சினைகளில் நெசவு இழைகளின் (textile fibres) கட்டமைப்பு, மசகு எண்ணெய்களைச் சுத்தப்படுத்துதல் (purification of lubricating oils), காகிதம், சாயம் (paint) ஆகியவற்றின் சேர்க்கை வீதம் (composition), உலோகம், பிளாஸ்டிக் (plastic), செயற்கை ரசாயனங்கள் ஆகியவற்றின் மேற்பரப்புகள் போன்றவை சிலவாகும்.

மருத்துவத்துறை, நோய் குண நூல் ஆகியவற்றில் வைரஸ்களை (virus) ஆராய்வதில் இக் கருவி பெற்ற வெற்றி பெரிதாகும். ஏனெனில், நோயுண்டாக்கும் இவை சாதாரண நுண்ணோக்கியின் எல்லைக்கு அப்பாற்பட்டவை. இவற்றின் கட்டமைப்பை அறிந்து கொள்வது அவற்றை அழிக்கும் முயற்சியில் வெகுதூரம் செல்ல வழிகோலும். பாக்டீரியா (bacteria) எனப்படும் நுண்ணுயிர்கள்

எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் மிகுந்த விவரங்களுடன் புலப்படு கின்றன. ஒளி நுண்ணோக்கியினால் இனங்கண்டு கொள்ள முடியாத அளவு சிறிய தனித்தனித் துகள்களையுடைய கூழ்ப்பொருள்கள் (colloids), பூச்சி மருந்துகள் (insecticides) போன்றவற்றை இப் போது பகுத்து ஆராய முடிகிறது.

அணுவின் கட்டமைப்புத் தீர்வாய்வுகளில் (investigations) கருவியுடன் எலெக்ட்ரான் விளிம்பு விலகல் பகுதி ஒன்றினைப் பயன் படுத்த அதன் வீச்செல்லை அதிகரிக்கிறது. இதனால் அணுவின் கோல அமைப்பினைக் கூரிய சிலவும், பரவிவிரவிய சிலவுமான பொதுமைய வட்டங்களின் தொகுப்பாகப் பெறுவதற்கு வழி செய்கிறது. இத்தகைய கோல அமைப்புகளிலிருந்து பொருளின் ஆக்கக் கூறுகளாகிய அணுக்களை நிச்சயித்து விடலாம். இதனால் படிகக் கட்டமைப்பை இனங்கண்டு பகுக்க முடியும். இத் தொடர்பில் 1947-ல் சில ஃபிரெஞ்சு விஞ்ஞானிகள் புரோட் டான் நுண்ணோக்கி (proton microscope) என்ற ஒன்றினைப்பற்றி எண்ணினார்கள். இதில் எலெக்ட்ரான்களுக்குப் பதிலாகப் புரோட் டான்கள் (protons) பயன்படுத்தப் பெற்றன. இது எலெக்ட் ரான் நுண்ணோக்கியைவிட மிகப்பெரிய உருப்பெருக்கங்களைக் கொடுக்கும். ஏனெனில், ஒரு பொருளின் பொருண்மை அதிகரித் தால் அதனோடு தொடர்பு கொண்ட அலைநீளம் குறைகிறது ; புரோட்டான் எலெக்ட்ரானைவிடக் கிட்டத்தட்ட 2000 மடங்கு கனமானது. பாரிஸில் (Paris) கிளாட் மேக்னன் (Claude Magnan), பால்சேன்ஸன்(Paul Chanson) ஆகியோர் புரோட்டான் நுண்ணோக்கியின் முதல் மாதிரியை அமைத்தார்கள். அமெரிக்கா வில் பேராசிரியர் முல்லர் (Prof. Muller) இதனையொத்த ஒரு கருவி யினை அமைத்தார். ஒரு படிகத்திலுள்ள அணுக்களது அமைப்பின் விவரங்களைக் காட்டுவதற்குப் போதுமான அளவு நுட்பமான, அங்குலத்தில் நூறு மில்லியனில் ஒரு பகுதி எனும் வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறனை இது பெற்றிருக்கிறது. வழக்கமாக நிகழ்வது போலப் பெரிய உருப்பெருக்கத்தைப் பெற வேண்டின் வேறு சில நன்மைகளை இழத்தலாகிய விலை கொடுக்க வேண்டும். இங்கே, புரோட்டான்களின் ஊடுருவும் திறன் மிகத் தாழ்ந்ததானதால் நுண்ணோக்கியை ஊடுருவுதலால் பொருள்களை ஆராய்வதற்குப் பயன்படுத்த முடியாது; தொட்டுத் தடவிச் செல்லும் கோணத்தில் திருப்பமடைதலாலேயே இதனைச் செய்ய முடியும்.

வினாக்கள்

1. எலெக்ட்ரானின் e/m மதிப்பை எவ்வாறு சோதனை மூலம் கண்டு பிடிக்கலாம் என்பதனை விவரி.

(பஞ்சாப் பல்கலைக்கழகம் 1953, 57 ; பரோடா பல்கலைக்கழகம் 1954 ; நாக்பூர் பல்கலைக்கழகம் 1953; லக்னோ பல்கலைக்கழகம் 1951 ; ஆக்ரா பல்கலைக்கழகம் 1952 ; சென்னைப் பல்கலைக்கழகம் 1948 ; சௌகார் பல்கலைக்கழகம் 1949)

2. எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத்தையும் பொருண்மையையும் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படும் சோதனைகளைச் சுருக்கமாக விவரி.

(கல்கத்தா பல்கலைக்கழகம் 1948)

3. 3×10^9 செ.மீ./வினாடி நேர்வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரான் கருவி ஒரு செ.மீ.-க்கு 0·06 செ.கி.வி. (C.G.S.) அலகுகள் மின்னழுத்தம் உடைய ஒரு மின்புலத்தில் அவற்றின் பாதைக்குச் செங்குத்தாக ஒதுக்கப்படுகிறது. ஒதுக்கப்பட்ட பாதையின் ஆரம் 300 செ.மீ. ஆனால், எலெக்ட்ரானின் e/m மதிப்பைக் கணக்கிடு. [விடை: 5×10^{17} நி.மி.அ.]

(பஞ்சாப் பல்கலைக்கழகம் 1955)

4. எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றத்திற்கும் பொருண்மைக்கு மிடையேயுள்ள விகிதத்தைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படும் ஜே.ஜே. தாம்சனின் முறையை விவரி.

(சென்னைப் பல்கலைக்கழகம் 1949)

5. எலெக்ட்ரான் மின்னேற்றத்தைக் கண்டுபிடிக்கும் மில்லிகனுடைய முறையை விவரி. இந்த அளவீட்டின் முக்கியத்துவத்தைச் சுட்டிக் காட்டு.

(பஞ்சாப் பல்கலைக்கழகம் 1952, 56, 58 ; பம்பாய் பல்கலைக்கழகம் 1953 ; லக்னோ பல்கலைக்கழகம் 1950, 51 ; சௌகார் பல்கலைக்கழகம் 1951 ; பனாரஸ் பல்கலைக்கழகம் 1949 ; அலகாபாத் பல்கலைக்கழகம்1947 ; சென்னைப் பல்கலைக்கழகம் 1950)

6. கீழ்க்கண்ட விவரங்களிலிருந்து அவகாட்ரோ எண்ணையும் நீரக அணுவின் பொருண்மையையும் கணக்கிடு :

$e = 4{\cdot}8036 \times 10^{-10}$ நி.மி.அ. ; ஃபாரடே $= 96487$ கூலும்கள் ; ஒளியின் வேகம் $= 3 \times 10^{10}$ செ.மீ. வினாடி$^{-1}$; நீரகத்தின் அணு எடை $= 1{\cdot}008$.

(சென்னைப் பல்கலைக்கழகம் 1950)

7. 10^{-5} செ.மீ. ஆரமுடைய ஒரு நீர்த்துளி 1 எலெக்ட்ரான் மின்னேற்றம் பெற்றுள்ளது. அதனை நிலையாக ஓரிடத்தில் வைப்ப தற்குத் தேவையான மின்புலத்தைக் கணக்கிடு.

$e = 4{\cdot}8 \times 10^{-10}$ நி.மி.அ.; $g = 980$ செ.மீ./விஞடி^{2}.

[விடை : $8{\cdot}56 \times 10^{-3}$ நி.மி.அ./செ.மீ.]

(பஞ்சாப் பல்கலைக்கழகம் 1955)

8. ஓர் எலெக்ட்ரான் விஞடிக்கு 10^7 மீட்டர்கள் நேர் வேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கிறது. அதன் ஆற்றலை எலெக்ட் ரான் வோல்ட்டுகளில் கணக்கிடு. எலெக்ட்ரானின் பொருண்மை $= 9{\cdot}1 \times 10^{-28}$ கிராம். $e = 4{\cdot}8 \times 10^{-10}$ நி. மி. அ. [விடை $284{\cdot}4$ எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகள்]

(அலகாபாத் பல்கலைக் கழகம் 1953)

9. ஸீமன் விளைவு பற்றி ஒரு விளக்கக் குறிப்பெழுது.

(டில்லி பல்கலைக் கழகம் 1951; பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1952, 53, 56, 57, 58)

10. எலெக்ட்ரான் கொள்கையைக் கூறி அதனைப் பயன் படுத்தி மின் கடத்தும் திறனை விளக்கு.

11. ஒளிமின் இயலின் அடிப்படை உண்மைகளை விவரித்துக் கூறு. இந்த நிகழ்ச்சி எவ்வாறு விளக்கப்படுகிறது?

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1954,58)

12. இருமுனைக் குழாய் அமைப்பையும் அது வேலை செய்யும் முறையையும் விவரி. அதனை (அ) அரை அலை நிவர்த்திப்பாளுக வும் (ஆ) முழு அலை நிவர்த்திப்பாளுகவும் எவ்வாறு பயன்படுத் தலாம்?

13. இருமுனைக் குழாய், மும்முனைக் குழாய் ஆகியவற்றைத் தெளிவாக வேறுபடுத்திக் காட்டு. மும்முனைக் குழாயின் தற் சிறப்புப் பண்புகளைக் கண்டுபிடிக்கப் பயன்படும் சோதனையை விவரி.

(சௌகார் பல்கலைக் கழகம் 1949; பம்பாய் பல்கலைக் கழகம் 1953; பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1957; ரூர்கி பல்கலைக் கழகம் 1958)

14. ஒரு மும்முனைக்குழாயினை விவரித்து அதன் பெருக்கற் பலன் எண்ணை எவ்வாறு கண்டுபிடிப்பது என்பதனையும் விளக்கு. மும்முனைக்குழாய் மின் அலைவுகளை உண்டாக்க அது எவ்வாறு பயன் படுத்தப்படுகிறது? முழுவதுமாக விவாதி.

(டில்லி பல்கலைக் கழகம் 1951)

15. மும்முனைக் குழாயின் அமைப்பைக் கூறு. இதனை ஒரு பெருக்கியாக எவ்வாறு பயன்படுத்தலாமென விவரி.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1948, 1953)

16. ஒரு மும்முனைக் குழாய் வேலை செய்யும் முறையை விளக்கு. அது எவ்வாறு (அ) ஒரு பெருக்கியாக (ஆ) ஓர் அலைப் பாணுக பயன்படுத்தப்படுகிறது? நேர்த்தியான சுற்றுப் படங் களைக் கொடு.

(லக்னோ பல்கலைக் கழகம் 1950, 54)

17. ஒரு மும்முனைக் குழாயை விவரி. அது ஓர் அலைப் பாணுக எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகிறது என முழுதும் விளக்கு.

(டில்லி பல்கலைக் கழகம் 1951; பஞ்சாப் பல்கலைக்கழகம் 1958; லக்னோ பல்கலைக் கழகம் 1952)

18. ஒரு மும்முனைக் குழாயின் (அ) பெருக்கற்பலன் எண், (ஆ) ஒன்றுக்கொன்ருன கடத்துகை, (இ) நேர்மின்வாய் மின்தடை என்ருல் என்ன என்று விளக்கு. அவை எவ்வாறு அளக்கப்படு கின்றன? மும்முனைக் குழாயை ஓர் அலைப்பாணுகப் பயன் படுத்துவதை விவாதி.

(டில்லி பல்கலைக் கழகம் 1954)

19. (அ) உயர் அலைவெண் பெருக்கி, (ஆ) கண்டு பகுப்பான், (இ) தாழ் அலைவெண் பெருக்கி ஆகிய மூன்று பகுதிகளையுடைய ஒரு மூன்று-மின்குழாய் ஏற்பியின் சுற்றுப் படத்தை வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பகுதியினுடைய வேலையையும் விளக்கு.

(அலகாபாத் பல்கலைக்கழகம் 1951)

20. ஓர் எளிய ரேடியோவின் விளக்கப் படத்தை வரைந்து அதன் ஒவ்வொரு பகுதியின் வேலையையும் சுருக்கமாக விளக்கு.

(சௌகார் பல்கலைக் கழகம் 1951)

21. கம்பியில்லாமல் பரப்புதலின் தத்துவத்தை நேர்த்தி யான ஒரு விளக்கப் படத்தின் துணைகொண்டு தெளிவாக விளக்கு.

(உட்கல் பல்கலைக் கழகம் 1951)

22. ஓர் எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியின் அமைப்பையும் செயலையும் விளக்கு. அதன் நடைமுறைப் பயன்களைப் பற்றிக் கூறு.

(ஐ. ஏ. எஸ். 1952)

23. எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவியின் அமைப்பைக் கூறு. தொலைக் காட்சியில் அதன் பயனை விளக்கு.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1955)

24. ஒளி மின்கலத்தின் அமைப்பையும் செயலையும் விவரி. அதன் முக்கியமான பயன்களைக் கூறி அவற்றுள் ஒன்றை விளக்கு.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1954, 58)

25. ஒளி மின்கலம் அல்லது மின் கண்ணை (electric eye) விவரித்து அது எவ்வாறு வேலை செய்கிறது என்பதனை விளக்கு. அதன் முக்கியமான பயன்கள் சிலவற்றைக் கூறு.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1944; சௌகார் பல்கலைக் கழகம் 1950)

26. எலெக்ட்ரான் ஒளியியல் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறு. ஓர் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தத்துவம், அமைப்பு, வேலை, பயன் ஆகியவற்றை விவரி.

(பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1954, 1958, 1960)

27. சிறு குறிப்பு வரைக :

வெப்ப மின்துகள் வெளியீடு

(சென்னைப் பல்கலைக் கழகம் 1950)

ராடார் (பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1950, 53, 57)

எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி

(லக்னோ பல்கலைக் கழகம் 1947 ; ஆக்ரா பல்கலைக் கழகம் 1950; பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1959)

ஒளி மின்கலம் (லக்னோ பல்கலைக் கழகம் 1948, 54; பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1950, 53, 55, 60; அலகாபாத் பல்கலைக் கழகம் 1949; ஆக்ரா பல்கலைக் கழகம் 1947, 50)

தொலைக்காட்சி (பஞ்சாப் பல்கலைக் கழகம் 1953, 54)

கலைச்சொற்கள்

(ஆங்கிலம்—தமிழ்)

A

Absolute zero — தனிச்சுழி
Absorption — உட்கவர்தல்
Acceleration — முடுக்கம்
Acceptor — ஏற்போன்
Accumulator — சேம மின்கலம்
Adcock aerial — அட்காக் வான்கம்பி
Adiabatic change — மாறு வெப்ப விளைவு
Adiabatic expansion — மாறு வெப்ப விரிவு
Adsorption — புறமுகக் கவர்தல்
Aeo lamp — ஏயோ விளக்கு
Aerial — வான் கம்பி, ஏரியல்
Ageing of ion's — அயனிகள் முதிர்ச்சியடைதல்
Alkalies — காரப் பொருள்கள்
Allotropic modification — வடிவ மாற்றம்
Alloy — உலோகக் கலவை
Alternating current — இருதிசை மின்னோட்டம்
Ammeter — அம்மீட்டர்
Amplification factor — பெருக்கற்பலன் எண்
Amplifier — பெருக்கி
Amplify — பெருக்கு
Amplitude — வீச்சு
Amplitude modulation — வீச்சுப் பண்பேற்றம்
Angular velocity — கோண வேகம்
Anode — நேர்மின்வாய்
Anode characteristics — நேர்மின்வாய்த் தற்சிறப்புகள்
Anode current — நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம்
Anomalous Zeeman effect — முரணிய ஸீமன் விளைவு
Antenna — உணர்கொம்பு, அன்டென்னு
Anticlockwise — இடஞ்சுழி
Apparent brilliance — தோற்றப் பொலிவு
Atmospheric pressure — வளி அழுத்தம்

Atmospherics	—	வான்-இடை ஓசைகள்
Atomic weight	—	அணு எடை
Attenuation	—	மெலிதல்
Audibility	—	செவியுறும் பண்பு
Automatic volume control	—	தானியங்கு முழக்க ஆட்சி

B

Base (transistor)	—	நடுவாய் (டிரான்சிஸ்டர்)
Battery	—	மின்கல அடுக்கு
Bearing	—	திசைநிலை
Beat note	—	துடிப்பு சுரம்
Beverage aerial	—	பேவரேஜ் வான்கம்பி
Bias	—	சார்பேற்றம்
Blurred	—	கலங்கிய
Bond	—	பிணைப்பு, தளை
Brush discharge	—	தூரிகை மின்னிறக்கம்
Buffer stage	—	இடை தடுக்கும் நிலை
Buzzing sound	—	முரல் ஒலி

C

Cable	—	கம்பி வடம்
Cage aerial	—	கூண்டு வான்கம்பி
Calibrate	—	அளவுக் குறியீடுசெய்
Candle power	—	வத்தித் திறன்
Capillary tube	—	நுண் துளைக் குழாய்
Capture effect	—	கவர்தல் விளைவு
Carrier	—	ஊர்தி
Carrier wave	—	ஊர்தி அலை
Cascade amplifiers	—	அருவிப் பெருக்கிகள்
Cathetometer	—	மட்ட அளவி
Cathode	—	எதிர் மின்வாய்
Cathode glow	—	எதிர்மின்வாய்ப் பிறங்கொளி
Cathode ray	—	எதிர்முனைக் கதிர்
Cathode ray oscillograph	—	எதிர்முனைக் கதிர் அலைவு வரைவி
Centrifugal force	—	மையம் விட்டோடும் விசை
Centripetal force	—	மையம் நாடும் விசை
Characteristic curve	—	தற்சிறப்புக் கோடு
Characteristics	—	தற்சிறப்புகள்

Characteristic x-rays — தற்சிறப்பு எக்ஸ்-கதிர்கள்
Charge — மின்னூட்டம் மின்னேற்றம்
Circularly polarised — வட்டமுனை கொண்ட
Circular motion — வட்ட இயக்கம்
Clockwise — வலஞ்சுழி
Closed circuit — முற்றுப்பெற்ற சுற்று
Cloud chamber — மேகக்கலம், முகில் அறை
Cluster formation — கொத்து உருவாதல்
Coefficient of recombination — மீண்டும் இணைதல் எண்
Coercive force — காந்த நீக்கு விசை
Collector (transister) — ஏற்புவாய் (டிரான்சிஸ்டர்)
Colloid — கூழ் பொருள்
Colour response — நிற எதிரளிப்பு
Colpitt's oscillator — கால்பிட் அலைப்பான்
Commutator — மின்போக்கு மாற்றி
Compound microscope — கூட்டு நுண்ணோக்கி
Concave lens — குழி வில்லை
Concentration — செறிவாக்கம்
Condenser — மின்னேற்பி
Conductivity — கடத்துந் திறன்
Contact potential — தொடுநிலை மின்னழுத்தம்
Convex lens — குவி வில்லை
Core — உள்ளகம், சலாகை
Corpuscle — நுண்ணிமம்
Corpuscular ray — நுண்ணிமக் கதிர்
Cosmic rays — அண்டக் கதிர்கள்
Coupling — பிணைப்பு
Critical pressure — மாறுதான அழுத்தம், மாறு நிலை அழுத்தம்
Crooke's dark space — குருக்ஸ் இருள்வெளி
Curie constant — கியூரி எண்
Curie point — கியூரி நிலை
Cut-off — முட்டுநிலை

D

Damping — தேய்வுறுதல்
Decoupling — பிணைப்பறுத்தல்
Define — வரையறு
Deflection — ஒதுக்கம்
Deflector — ஒதுக்கி

Degenerative feed-back — தாழ்நிலைக்கேகச் செய்யும் பின்னூட்டம்
Demodulation — பண்பிறக்கம்
Depth of focus — குவிய ஆழம்
Detection — கண்டு பகுத்தல்
Detector — கண்டுபகுப்பான்
Dial — முகப்புத் தகடு
Diamagnet — குறுக்குக் காந்தம், டயாகாந்தம்
Dielectric loss — மின்விசைத்தாங்கி இழப்பு
Dilute — செறிவாக்கம் குறைந்த
Dimension — அளவை
Diode — இருமுனைக் குழாய்
Dipole aerial — இருமுனை வான்கம்பி
Directional aerial — திசைப்பண்புடைய வான்கம்பி
Directivity — திசைப்பண்பு
Discharge tube — மின்னிறக்கக் குழாய்
Dispersion — நிறப்பிரிகை
Distortion — திரிபு
Diurnal variations — நாள்முறை மாறுதல்கள்
Divergent beam — விரிகற்றை
Domains — பெருங் கூறுகள்
Donor — கொடையாளி
Drift velocity — இழுப்பு வேகம்
Duo diode — இரட்டை இருமுனைக் குழாய்
Duplexer — இருவழி இயக்கி
Dynamic characteristics — இயக்கத் தற்சிறப்புகள்

E

Ebonite — எபொனைட்டு
Echelon — ஏறுபடியணி
Efficiency — பயனுறுதிறன்
Elastic constant — மீட்சி எண்
Electrical conductivity — மின் கடத்தும் திறன்
Electric circuit — மின்சுற்று
Electric field — மின்புலம்
Electric furnace — மின் உலை
Electric line of force — மின் விசைக் கோடு
Electrolyte — மின்னாற் பகுபொருள்
Electro magnet — மின்காந்தம்

Electro magnetic waves — மின்காந்த அலைகள்
Electromotive force — மின் இயக்கு விசை
Electron — எலெக்ட்ரான்
Electronics — எலெக்ட்ரானியல்
Electron microscope — எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி
Electron optics — எலெக்ட்ரான் ஒளியியல்
Electron volt — எலெக்ட்ரான் வோல்ட்
Electrostatic deflection — நிலைமின் ஒதுக்கம்
Electrostatic focusing — நிலைமின் குவிமுகப்படுத்துதல்
Electrostatic lens — நிலைமின் வில்லை
Elevated aerial — உயர்த்தப்பட்ட வான்கம்பி
Elongation — நீட்சி
Emitron camera — வெளிவிடும் படக்கருவி
Emitter (transistor) — கொடைவாய் (டிரான்சிஸ்டர்)
Energy — ஆற்றல்
Equilibrium — அமைதிநிலை
Equipotential plane — சம மின்னழுத்தத் தளம்
Equivalent circuit — சரிமாற்றுச் சுற்று
Escape wheel — விடுவிக்கும் சக்கரம்
External resistance — புறமின்தடை
Extreme — முனைக்கோடி
Eye-piece — கண்ணருகு வில்லை

F

Fading — மங்குதல்
Faraday dark space — ஃபாரடே இருள்வெளி
Ferromagnet — அயக்காந்தம்
Fidelity — திறம்பாமை
Field — புலம்
Filament — இழை
Filter — வடிகட்டி
Firing voltage — தொடக்கும் மின்னழுத்தம்
Fluorescence — ஒளிர்தல்
Fluorescent lamp — ஒளிர் விளக்கு
Fluorescent screen — ஒளிர் திரை
Flux — பாய்வு
Focal length — குவிய தூரம்
Focal points — குவியப் புள்ளிகள்
Focus — குவியம்
Focusing — குவிமுகப்படுத்துதல்

Forced oscillations — உந்துவிக்கப்பட்ட அலைவுகள்

Formula — வாய்பாடு

Free oscillations — இயற்கையான அலைவுகள்

Frequency — அலைவெண், அதிர்வெண்

Frequency deviation — அலைவெண் விலக்கம்

Frequency modulation — அலைவெண் பண்பேற்றம்

Frequency range — அலைவெண் வீச்சு

Frequency spread — அலைவெண் பரவல்

Frequency stabilisation — அலைவெண் நிலைப்படுத்துதல்

Frequency trap — அலைவெண் கண்ணி

Friction — உராய்வு

G

Gain — ஈட்டம்

Galvanometer — மின்னோட்டம் காட்டி

Gang control — தொகுப்புக் கட்டுப்பாடு

Gee system — 'ஜீ' அமைப்பு

Geisler tube — கெய்ஸ்லர் குழாய்

Gelatine — ஊன்பசை

Gold leaf electroscope — தங்க இலை மின்காட்டி, பொன்னிதழ் மின்காட்டி

Grain — மணி

Granulations — சிறுமணிகள்

Grid — இடைவாய்

Grid characteristics — இடைவாய்த் தற்சிறப்புகள்

Grid leak rectification — இடைவாய்க் கசிவு நிவர்த்திப்பு

Grounded aerial — தரையிடப்பட்ட வான்கம்பி

Ground wave — தரை அலை

H

Harmonics — கிளைச்சுரங்கள்

Hartley oscillator — ஹார்ட்லி அலைப்பான்

Head phone — காதொலியம்

Heat treatment — வெப்பப் பாவித்தல்

Helix — திருகு சுழல்

Heptode — எழுமுனைக் குழாய்

Heterodyne reception — கலக்கிப் பிரித்தல் ஏற்புமுறை

Hexode — அறுமுனைக்குழாய்

High pass filter — உயர்-அலைவெண் வடிகட்டி

Holder	—	பிடிப்பி
Hole	—	பொந்து
Horizontal plates	—	கிடைத்தகடுகள்
Horizontal strips	—	கிடைக் கீற்றுகள்
Hum	—	முரல் ஒலி
Hysteresis loop	—	காந்தப் பின்னடைவு வளையம், காந்தத் தயக்கக் கண்ணி

I

Iconoscope	—	இகனுஸ்கோப்பு
Ideal gas	—	இலட்சிய வாயு
Illumination meter	—	ஒளி விளக்க அளவி
Image orthicon	—	பிம்ப ஆர்த்திகான்
Immersion objective lens	—	மூழ்கு பொருட்பகுதி வில்லை
Impedence	—	மின்தடுப்பு
Inertia	—	சடத்துவம்
Inner photo electric effect	—	ஒளிமின் உள் விளைவு
Input	—	உள்ளீடு
Inpulate	—	காப்பிடு
Insulator	—	கடத்தாப் பொருள்
Intensity of illumination	—	ஒளி விளக்கச் செறிவு
Intensity of magnetisation	—	காந்த ஆக்கச் செறிவு
Intercept	—	வெட்டுத்துண்டு
Interlaced scanning	—	பின்னித்துருவுதல்
Internal molecular field	—	உள்ளார்ந்த மூலக்கூறுப் புலம்
Internal resistance	—	உள் மின்தடை
International broadcasting	—	பன்னாட்டிடை ஒலிபரப்புதல்
Intrinsic brilliance	—	உள்ளார்ந்த பொலிவு
Investigations	—	தேர்வாய்வுகள்
Invisible	—	கட்புலனாகாத
Ionisation	—	அயனியாக்கம்
Ionisphere	—	அயன மண்டிலம்
Irreversible	—	திருப்பவியலாத
Isthmus method	—	பூசந்தி முறை

K

Kenotron	—	கினேட்ரான்
Kinetic energy	—	இயங்கு ஆற்றல்
Kinoscope	—	கினஸ்கோப்பு
Klystron	—	கிளிஸ்ட்ரான்

L

Law of equipartition of energy	—	ஆற்றலின் சமப்பங்கீட்டு விதி
Layer	—	படலம்
Lead	—	இணைப்புக்கால்
Leak transformer	—	கசிவு மின்மாற்றி
Linear velocity	—	நேர்கோட்டு வேகம்
Line of force	—	விசைக்கோடு
Line of reference	—	ஆதாரக் கோடு
Line spectrum	—	வரி நிறமாலை
Lissajous figures	—	லிஸ்ஸாஜுவஸ் படங்கள்
Load	—	சுமை
Local oscillations	—	உள் அலைவுகள்
Local oscillator	—	தல அலைப்பான்
Longitudinal waves	—	நெடுக்கு அலைகள்
Loop aerial	—	வளைய வான்கம்பி
Loran	—	லோரன்
Loudness	—	உரப்பு
Loud speaker	—	ஒலிப்பான்
Low-pass filter	—	தாழ்-அலைவெண் வடிகட்டி
Lubricating oil	—	மசகு எண்ணை
Luminous column	—	ஒலிப்பாளம்
Luminous spot	—	ஒளிப்பொட்டு

M

Magic eye	—	அதிசயக் கண்
Magnetic deflection	—	காந்த ஒதுக்கம்
Magnetic field	—	காந்தப் புலம்
Magnetic focusing	—	காந்தக் குவிமுகப்படுத்துதல்
Magnetic induction	—	காந்தத் தூண்டுதல்
Magnetic lens	—	காந்த வில்லை
Magnetic moment	—	காந்தத் திருப்பு திறன்
Magnetic shell	—	காந்த ஓடு
Magnetic storm	—	காந்தப் புயல்
Magnetic susceptibility	—	காந்த ஏற்புத்திறன்
Magnetisation	—	காந்த ஏற்றம்
Magnetising field	—	காந்தமாக்கும் புலம்
Magneto striction	—	காந்தமேற்ற உருமாறல்
Magnetron	—	மாக்னட்ரான்
Magnification	—	உருப்பெருக்கம்

Magnifing power — உருப்பெருக்கத் திறன்
Mass — நிறை
Master oscillator — தலைமை அலைப்பான்
Maximum — பெருமம்
Matching — பொருந்தச் செய்தல்
Mean free path — மோதலிடைச் சராசரி தூரம்
Medium wave band — இடைநிலை அலை வரிசை
Mercury vapour lamp — பாதரச ஆவி விளக்கு
Meteorology — வானிலையியல்
Mho — மோ
Micro ammeter — மைக்ரோ அம்மீட்டர்
Microphone — மைக்ரோஃபோன்
Microwave -- நுண்ணலை
Miller indices — மில்லர் குறியீடுகள், மில்லர் எண்கள்
Minimum — சிறுமம்
Mobility — இயங்குதிறன்
Mode — பாணி
Modulation — பண்பேற்றம்
Modulation index — பண்பேற்றக் குறியெண்
Monochromatic light — ஒற்றைநிற ஒளி
Monopole aerial — ஒருமுனை வான்கம்பி
Mosaic screen — திரள் திரை
Movitone — இயங்கு திரைப்பட ஒலிமுறை
Mutual characteristics — ஒன்றுக்கொன்றுன தற்சிறப்புகள்
Mutual conductance — ஒன்றுக்கொன்றுன கடத்துகை

N

Navigational aids — கடற்பயணத் துணைகள்
Navigational grid — கடற்பயண வலைத்தொடர்
Nagative glow — எதிர்ப்பிறங்கொளி
Neutralise — ஈடுகட்டு
Neutrodyne circuit — ஈடுகட்டும் சுற்று
Nipkow disc — நிப்கோ தகடு
Noise — இரைச்சல்
Normal pressure — இயல்பான அழுத்தம்
Nucleus — அணுக்கரு

O

Object stage — பொருள் நிறுத்துநிலை
Oboe system — ஓபோ அமைப்பு
Observation chamber — காட்சி அறை
Observer — நோக்காளன்
Open circuit — திறப்புச் சுற்று
Orbit — தடம்
Orientation — வைப்பு
Orthicon — ஆர்த்திகான்
Ortho iconoscope — ஆர்த்தோ இகனுஸ்கோப்பு
Oscillator — அலைப்பான்
Output — வெளிப்பாடு
Output stage — புறவாய்
Overlap — மீதூர்தல்
Oxidation — ஆக்சிஜன் ஏற்றம்

P

Parabola — பரவளையம்
Paramagnet — இயல்காந்தம், பராகாந்தம்
Parameter — அளபுரு
Parasitic oscillations — ஒட்டுணி அலைவுகள்
Particle — துகள்
Peak — உச்சி
Pencil — கற்றை
Penta gride converter — ஐந்து இடைவாய்-மாற்றி
Pentode — ஐம்முனைக்குழாய்
Perceptibility — புலனுகும் தன்மை
Period — அலைவு நேரம்
Periodic — காலாந்தர
Permeability — காந்த ஊடுருவுந்திறன்
Persistance of vision — பார்வை நீட்டிப்பு
Phase — அதிர்வு நிலை
Phosphorescence — பின்னும் ஒளிர்தல்
Photo electric cell — ஒளிமின்கலம்
Photo electric fatigue — ஒளிமின் சோர்வு
Photo electric work function — ஒளிமின் வேலை சார்பலன்
Photo electron — ஒளி எலெக்ட்ரான்
Photograph — ஒளிப் படம்
Photo meter — ஒளி அளவி

Photo multiplier — ஒளி பன்மடங்காக்கி
Photo phone — ஒளி ஒலி முறை
Photo sensitive — ஒளி உணர்ச்சி உடையது
Piezo-electric effect — அழுத்த-மின் விளைவு, விம்மல் மின்னழுத்த விளைவு
Piston — உந்து தண்டு
Pitch — புரியிடைத் தூரம்
Plane polarised — தளமுனைகொண்ட
Plan position indicator — நில வரைபடத்தில் இடங்காட்டி
Plate current — தகட்டு மின்னோட்டம்
Plug — ஆப்பு
Pointer — குறிமுள்
Polarisation — முனைகொள்ளல்
Polar impurities — முனைவு மாசுகள்
Polar molecules — முனைவு மூலக்கூறுகள்
Positive column — நேர் ஒளிப் பாளம்
Positive rays — நேர்மின் கதிர்கள்
Postulate — அடிக்கோள்
Potential barrier — மின்வேலி
Potential difference — மின்னழுத்த வேறுபாடு
Potential energy — நிலை ஆற்றல்
Potential gradient — மின்னழுத்தச் சரிவு
Potentio meter — மின்னழுத்த அளவி
Power amplification — திறன் பெருக்கம்
Power factor — திறன் எண்
Power gain — திறன் ஈட்டம்
Power pack — ஆற்றல் பெட்டகம்
Precession — முந்துகை, அச்சுச் சுழற்சி
Pressure — அழுத்தம்
Projection — எறிவு
Proton microscope — புரோட்டான் நுண்ணோக்கி
Push-pull system — தள்ளு-இழு அமைப்பு

Q

Quadrant electrometer — குவாட்ரன்ட் எலெக்ட்ரா மீட்டர், கால்வட்ட மின்னளவி
Qualitative — பண்பறி
Quantitative — அளவறி
Quantum — குவான்டம்

R

Radar — ராடார்
Radial vane type — ஆர இறகு வகை
Radiation — கதிர்வீச்சு
Radiation resistance — கதிர்வீச்சுத் தடை
Radio compass — ரேடியோ திசை காட்டி
Rare gas — அரிய வாயு
Reaction amplifier — எதிர்வினைப் பெருக்கி
Reaction coupling — எதிர்வினைப் பிணைப்பு
Receiver — ஏற்பி
Reception — ஏற்றல்
Rectification — நிவர்த்தித்தல்
Rectifier — நிவர்த்திப்பான்
Reflex klystron — ரிஃப்ளக்ஸ் கிளிஸ்ட்ரான்
Refraction — ஒளிவிலகல்
Regenerative feed back — மேம்படுத்தும் பின்னூட்டம்
Relay — அஞ்சல்
Reproduce — மீட்டுருவாக்கு
Residual magnetism — எஞ்சிய காந்தம்
Resistance — மின்தடை
Resolving power — வேறுபடுத்திக் காட்டும் திறன்
Resonance — ஒத்ததிர்வு
Rest-mass — ஓய்வுநிலை-நிறை
Resultant — தொகுபயன்
Retardation — ஒடுக்கம்
Retentivity — தேக்குதிறன்
Retina — விழித்திரை
Reverberation — எதிரலைபாய்வு
Reversible — திருப்பவல்ல
Rising sun type — எழு ஞாயிறு வகை

S

Safety resistance — காப்புத் தடை
Saturation — நிறைநிலை
Saw tooth voltage — ரம்பப் பல் மின்னழுத்தம்
Scanning — துருவுதல்
Scintillation counter — மினுமினுப்பு எண்ணும்பொறி, மினுமினுப்பு எண்ணி
Screen grid — ஒதுக்குவாய்

Seasonal variation	—	பருவகால மாறுதல்கள்
Secondary emission	—	இரண்டாம் நிலை வெளியீடு
Secondary rediation	—	இரண்டாம் நிலைக் கதிர்வீச்சு
Selective fading	—	பொறுக்கு மங்குதல்
Selectivity	—	பொறுக்கு திறன், தேர்திறன்
Semi conductor	—	சிறிதே கடத்தி
Sensitivity	—	உணர்திறம்
Sequence	—	நிரலொழுங்கு
Shield	—	கவசம்
Shift	—	பெயர்ச்சி, இடப்பெயர்ச்சி
Short wave band	—	குற்றலை வரிசை
Shower	—	பொழிவு
Side band	—	பக்க அலைவரிசை
Signal	—	சைகை
Simple hormonic motion	—	எளிய சீரிசை இயக்கம்
Sine wave	—	நெடுக்கை அலை
Skip distance	—	தாவு தூரம்
Sky wave	—	வான் அலை
Slit	—	பிளவு
Slope	—	சரிவு
Sodium lamp	—	சோடிய விளக்கு
Solenoid	—	வரிச்சுருள்
Solvent	—	கரைப்பான்
Space charge effect	—	இடமின்னேற்ற விளைவு
Space wave	—	வெளி அலை
Spark discharge	—	மின்பொறி மின்னிழப்பு, மின்பொறி மின்னிறக்கம்
Sparking potential	—	பொறிதொடக்கும் மின்னழுத்தம்
Specific conductivity	—	மின்கடத்தும் எண்
Specific heat	—	வெப்ப எண்
Specific mobility	—	இயங்குதிறன் எண்
Specimen	—	ஆய்பொருள்
Spectral line	—	நிறமாலை வரி
Spectrcmeter	—	நிறமாலை அளவி
Spectroscopy	—	நிறமாலையியல்
Spherical charge	—	மின் கோளம்
Sputtering	—	தெறித்தல்
Static characteristics	—	நிலை-தற்சிறப்புகள்
Straight set	—	நேர்வகை ஏற்பி

Stratosphere — மீவளி மண்டிலம்
Stray field — நெறியற்ற புலம்
Striations — வரிப்பட்டைகள்
Structure — கட்டமைப்பு
Sun spot cycle — ஞாயிறு புள்ளி சுழற்சி
Super heterodyne receiver — கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி
Super saturation — மீ நிறைநிலை
Super structure — மேற்கட்டுமானம்
Suppressor grid — ஒடுக்குவாய்
Surface tension — பரப்பு இழுவிசை
Symmetry — சமச்சீர்
Synchronise — ஒருங்கு நிகழ்வி

T

Talkie-television — பேசும் தொலைக்காட்சி
Tangent — தொடுகோடு
Tape — நாடா
Teleprinter — தொலை தட்டச்சு
Telescope — தொலைநோக்கி
Television — தொலைக் காட்சி
Temperature — வெப்பநிலை
Tetrode — நான்முனைக் குழாய்
Thermal conductivity — வெப்பம் கடத்தும் திறன்
Thermionic characteristics — வெப்ப மின்துகள் தற்சிறப்புகள்
Thermionic valve — மின் குழாய்
Thermo couple — வெப்ப இரட்டை
Time-base — கால அடிவரை
Time constant — கால எண்
Tolerance — ஒப்புரவு
Torsion — முறுக்குவிசை
Torsion beam — முறுக்குவிசை விட்டம்
Transducer — விசைமுறை மாற்று கருவி
Transformer — மின்மாற்றி
Transistor — டிரான்சிஸ்டர்
Transmission camera — பரப்பும் படக்கருவி
Trasmission efficiency — பரப்புதலின் பயனுறுதிறன்
Transmitter — பரப்பி
Trans oceanic telegraphy — கடலிடைத் தந்தி
Transverse motion — குறுக்கு இயக்கம்
Transverse waves — குறுக்கு அலைகள்

Trimmer — சீராக்கி
Triode valve — மும்முனைக்குழாய்
Triple spiral disc — மூன்று சுருள் தகடு
Troposphere — அடிவளி மண்டிலம்
Trumpet — எக்காளம்
Tuning — இசைவித்தல்
Turbulence — கொந்தளிப்பு

U

Ultra microscope — மீ நுண்ணோக்கி
Ultra short wave — மீ குற்றலை

V

Valence — இணைதிறன்
Valve constant — மின்குழாய் மதிப்பெண்
Variable current — மாறு மின்னோட்டம்
Vector — வெக்டர்
Velocity — திசைவேகம்
Vertical plates — நிலைக்குத்துத் தகடுகள்
Vestigial sideband transmission — எச்சத்தடமான பக்க அலை-வரிசை பரப்புதல்
Virtual — மாய
Viscosity — பாகுநிலை
Visibility — காண்பு நிலை
Vision signal — காட்சிச் சைகை
Voltage amplification — மின்னழுத்தப் பெருக்கம்
Voltmeter — வோல்ட் மீட்டர்
Volume — முழக்கம்

W

Wave form — அலை உருவம்
Wave front — அலைமுகப்பு
Wave meter — அலைமானி
Weiss magneton — வைஸ் மாக்னட்டான்
Work function — வேலை சார்பலன்

X

X-rays — எக்ஸ்-கதிர்கள்

Z

Zeeman effect — ஸீமன் விளைவு

பொருள் குறிப்பகராதி

அ

ஆ

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை.

1971 ஜூலை வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

எண்	நூல்		ஆசிரியர்		ரூ.	காசு
*1.	பொருளாதாரம்—I	...	சி. வேலாயுதம்	...	6	50
*1-A	,, II		,,	...	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	...	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	...	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	...	,,	...	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	...	சோணசலம்	...	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	...	மு. ஆரோக்கியசாமி	...	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	...	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	...	12	00
7.	பொருளாதாரம் ஓர் அறிமுகம்—I	...	தி. சி. மோகன்	...	12	00
8.	,, II	...	எம். ஏ. அபூர்வசாமி, பி.வி.ஸ்ரீநிவாசன்	...	10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	...	க. முத்தையன்	...	7	00
*10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	...	சி. வேலாயுதம்	...	6	75
*11.	,, II	...	,,	...	11	50
12.	நவீன பாங்கு இயல்	...	க. வெற்றிவேல்	...	5	00
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	...	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	...	5	50

*மூல நூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	அர. சேஷாசலம்	4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	10	00
16.	,, II	எம். லூர்துநாதன்	4	25
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
18.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	கி. சீ. இராமசாமி	6	00
20.	,, II	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, II	பி. வி சீநிவாசன்	6	00
24.	,, III	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, II	அர. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம்—சிறுவிளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
*30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடையபிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	சூ. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
*34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00

35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	... ஏ. குழந்தை	... 7	50
36.	,, II	... கே. எஸ். இராமசாமி	... 9	00
37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	... கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	... 7	75
38.	,, II	... ,,	... 7	00
39.	வளர்ச்சியுறாத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	... க. வெற்றிவேல்	... 4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள்	.. மா. குமாரசாமி	... 5	50
41.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	... சி. சுந்தரராஜன்	... 7	50
42.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள்	... எம். கே. சுப்பிரமணியம்	... 7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857—1956)—I	... ம. திருநாவுக்கரசு	... 7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்	... பு. வி. சீனிவாசன்	... 6	25

வரலாறு

*45.	பிரிட்டன் வரலாறு—I	... கி. ர. அனுமந்தன்	... 4	50
*46.	,, II	... ,,	... 3	50
*47.	,, III	... ,,	... 7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I (கி.பி. 395—1500)	... டி. வி. சொக்கப்பா	... 3	75
*49.	,, II (கி.பி. 1500 முதல்)	... என். ஜே. இராஜகோபால்	... 5	50
50.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றாண்டு காலச் சரித்திரம்	... வை. விருத்தகிரீசன்	... 15	00
51.	இங்கிலாந்து வரலாறு—I	... இரா. அண்ணாமலை	... 13	00

* மூல நூல் (Original Book)

வரலாறு—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
52.	இங்கிலாந்து வரலாறு—II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
53.	,, III	என். ஜே. இராஜகோபால்	8	00
54.	,, IV	,,	8	00
55.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I	க. த. திருநாவுக்கரசு	15	00
56.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	8	00
57.	,, III	,,	5	00
58.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	5	00
59.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	6	00
60.	,, III	அ. பாண்டுரங்கன்	7	25
61.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	7	50
62.	,, II	,,	7	00
63.	,, III	பி. இராமாநுஜம் தேவதாஸ்	7	75
64.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	8	25
65.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	7	50
66.	,, III	க. த. திருநாவுக்கரசு	10	50
67.	முகலாயப் பேரரசு—I	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா,	7	50
68.	,, II	எம். எக்ஸ் மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	7	75
69.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	வை. விருத்தகிரீசன்	7	50
70.	,, II	இரா. அண்ணாமலை	6	75
71.	,, III	இரா. அண்ணாமலை, பா. மாணிக்கவேலு	6	50

72.	,, IV	... பா. மாணிக்கவேலு	... 7	00
73.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	... சி. ஈ. இராமச்சந்திரன்	... 6	50
74.	,, II	... சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம்	... 6	75
75.	,, III	... ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	... 6	50
76.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	... பா. மாணிக்கவேலு	... 5	00
77.	,, II	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	... 6	00

அரசியல்

78.	அரசியல் அமைப்புகள்	... ஜே. இராமச்சந்திரன்	... 4	62
79.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	... மோ. கிளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ்	... 7	50
*80.	இந்திய அரசியலமைப்பு	... வீ. கண்ணையா	... 4	75
81.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	... டி. செல்லப்பா	... 8	50
82.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	... மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	... 8	50
83.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	... திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	... 16	00
84.	,, II	... ,,	... 13	25
85.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	... வீ. கண்ணையா	... 9	00
86.	,, II	... இ. ஜெகதீசன்	... 7	25
87.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	... வீ. கண்ணையா	... 7	50
88.	,, II	... டி. செல்லப்பா	... 7	50
89.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	... தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியம்	... 9	25
90.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I	... வீ. கண்ணையா	... 6	25
91.	,, II	... வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன்	... 5	75

* மூல நூல் (Original Book)

அரசியல் (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
92.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி III ...	கி. ர. அனுமந்தன் ...	7	25
●93.	மக்கள் ஆட்சி ...	க. சந்தானம் ...	4	25
94.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்—I ...	என். ஜே. ராஜகோபால் ...	7	75
95.	சமூக அரசியல் கொள்கையின்அடிப்படைகள்...	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு ...	5	00
96.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I ...	பா. சூரியநாராயணன் ...	5	75
97.	,, II ...	ப. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன் ...	6	00
98.	,, III ...	கி ர. அனுமந்தன் ...	5	75

உளவியல்

99.	குழந்தைஉளவியல்—I ...	கி. ர. அப்புளாச்சாரி ...	8	00
100.	,, II ...	,, ...	7	00
101.	உட்கவர் மனம் ...	தி. ந. வைத்தீஸ்வரன் ...	7	00
102.	இளையோர் உளவியல்—I ...	சி. இரா. அரங்கராசன் ...	12	00
103.	,, II ...	,, ...	9	00
104.	சமூக உளவியல் ...	என். வேதமணி மானுவேல் ...	9	25
105.	பிறழ்நிலை உளவியல் ...	அ. பெசன்ட் கிரீப்பர்ராஜ் ...	11	00
106.	பித்தரின் உள்ளம் ...	,,	3	00
●107.	குமர உள்ளம் ...	டாக்டர் மு. அறம்	6	25
*108.	உளநலவியல் ...	டாக்டர் தா. ஏ. சண்முகம்	6	00

தத்துவம்

109.	இந்து சமயத் தத்துவம் ...	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50

* மூல நூல் (Original Book)

புவியியல்			ரூ.	காசு
*123.	ஆசியா—I	கொ. சேஷ நரசிம்மன்	9	50
*124.	,, II	,,	8	75
*125.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	ஏ. எஸ். நாராயணன்	8	50
*126.	தென்கிழக்கு ஆசியா	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	8	50
*127.	வட அமெரிக்கா	குமாரி இரா. அலமேலு	6	50
*128.	தென் அமெரிக்கா	எம். என். பத்மநாபன்	9	00
*129.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	திருமதி எச். நியூமன்	3	00
*130.	,, —ஆஃப்ரிக்கா	எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	3	25
*131.	புவிப்புறவியல்—II	நா. அனந்தபத்மநுபன்	6	00
*132.	செய்முறைப் புவியியல்	சு. ஜெயச்சந்திரன்	5	50
*133.	மக்கட் பரப்பியல்	வி. எஸ். அனந்தபத்மநுபன்	4	75
*134.	சமுத்திரவியல்	கோ. இராமசாமி	6	50
135.	காலநிலை இயல்—I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	10	00
136.	,, II	,,	5	00
*137.	காலநிலை இயல்—I	திருமதி இராதா	9	50
*138.	,, II	,,	8	00
139.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	கோ. இராமசாமி	5	50
*140.	புவி அமைப்பு இயல்	சி. விஸ்வநாதன்	4	75
141.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	கோ. இராமசாமி	6	00
142.	சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I	எஸ். மாணிக்கம்	9	50
143.	,, II	எம். கார்த்திகேயன்	12	00
144.	,, III	சி. எஸ். நரசிம்மன்	5	75

புள்ளியியல்

*145.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	75
146.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	கோ. சண்முகசுந்தரம்	10	00
147.	,, II	இராஜகோபாலன்	14	00
148.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	50

உயர் கணிதம்

149.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	4	25
*150.	வகை நுண்கணிதம்	,,	3	00
*151.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	3	25

விலங்கியல்

*152.	விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணுமலை, இரா. முருகேசன்	12	00

பௌதிகவியல்

153.	ஒளி நூல்	ச. சம்பத்து	10	00

விஞ்ஞானம்

*154.	வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*155.	ரேடியோ	டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம்	4	75
*156.	எக்ஸ்-கதிர்கள்	பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*157	பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணுமலை	3	50

*மூல நூல் (Original Book)

விஞ்ஞானம் (தொடர்ச்சி)			ரூ.	காசு
*158.	தாவரம்-வாழ்வும் வரலாறும்	... டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	... 8	00
*159.	கரும்பு	... கு. பெரியசாமி	... 4	00
*160.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	... எஸ். சுந்தரம்	... 6	50
மருத்துவம்				
*161.	நீரிழிவு—க்ஷயரோகம்	... டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	... 2	50
162.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	... டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	... 8	25
*163.	பாக்டீரியா	... சு. சுந்தரம்	... 2	50
164.	புற்றுநோய்	... அ. கதிரேசன்	... 3	50
165.	உடலியங்கியல்—I	... டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ் கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	... 6	75
166.	,, II	... ,,	... 5	50
167.	என்புருக்கி நோய்	... டாக்டர் அ. கதிரேசன்	... 7	25
168.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	... கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	... 8	50
கூட்டுறவு				
169.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	... அ. வேல்மணி	... 5	50
சட்டம்				
170.	குற்றவியல் சட்டம்	... எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	... 10	00

பொது நூல்கள்

171.	மகாத்மா காந்தி	... சரஸ்வதி தங்கையன்	...	3	25
172.	விவசாயப் புரட்சி	... வி. கார்த்திகேயன்	...	8	00
173.	சேமக் கை-நூல்	... ஆ. சுப்பிரமணியம்	...	2	50
●174.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	... எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	...	9	00
●175.	உணவும் ஊட்டமும்	... தி. வேங்கட கிருஷ்ணய்யங்கார்	...	4	50
●176	பள்ளி நிருவாக அமைப்பு—அடிப்படைக் கருத்துகள்	... எஸ். சந்தானம், எஸ். ஏ. துரைசிங்	...	6	25

புகுமுக வகுப்பு (P. U. C.) வகுப்புகளுக்குரியவை

●177.	உலக வரலாறு	... டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	...	4	00
●178.	பொருளாதாரம்	... ஜி. சிதம்பரம்	...	2	75
*179.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	... கு. ஆளுடையபிள்ளை	...	2	50
●180.	,, II	... ,,	...	2	25
*181.	பௌதிகம்	... டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	...	7	50
●182.	புகுமுக பௌதிகம்	... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	...	6	00
*183.	பௌதிகம்—ஓர் அறிமுகம்	... எஸ். சம்பத்	...	7	00
*184.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	... கே. ராஜகோபாலன்	...	7	00
●185.	,, II	... ,,	...	3	00
*186.	புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I	... டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	...	7	00
●187.	,, II	... டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	...	4	50
*188.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I	... ஆர். மகாதேவன்	...	4	75

●மூல நூல் (Original Book)

புகுமுக (P. U. C.) வகுப்புகளுக்குரியவை—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
*189.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—II ...	ஆர். மகாதேவன் ...	3	25
•190.	வேதியியல் ...	பி டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி ...	7	00
•191.	புகுமுக வேதியியல் ...	சி. ஏ. பத்மநாபன் ...	5	50
•192.	விலங்கியல் ...	எஸ். ஆப்ரகாம் ...	4	00
*193.	புகுமுக விலங்கியல் ...	பெ. மா. அண்ணுமலை ...	7	25
*194.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல் ...	எஸ். சுந்தரம் ...	4	00

பட்டப்படிப்பிற்குரிய (பி.எஸ்ஸி.) நூல்கள்

(அடக்கவிலைப் பதிப்புகள்–கழிவு இல்லை)

பௌதிகம் (Physics)

•195.	எந்திரவியல்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	ஆர். நாகராசன் ...	6	25
•196.	,, II ...	,, ...	5	50
•197.	வெப்பவியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. நாச்சிமுத்து ...	5	25
•198.	செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப்பாடம்—I ...	டி. கமலக்கண்ணன், ஆர். கிருட்டிணசாமி ...	4	50
*199.	,, II ...	,, ...	3	25
•200.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்—I ...	பி. தங்கராஜன் ...	4	00
•201.	,, II ...	,, ...	3	00
•202.	செய்முறை பௌதிகம்—துணைப்பாடம் ...	கே. பாசுகரன், இரா. செயராம் ...	4	50
*203.	மின்னியல்-காந்தவியல்—சிறப்புப் பாடம்—I ...	டி. ஏ. கருப்பண்ணன் ...	4	75
•204.	,, ,, II ...	,, ...	4	50
*205.	,, ,, III ...	,, ...	4	25

*206.	ஒளியியல்—சிறப்புப் பாடம்	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், ,, ஆர். சபேசன்	7 75
*207.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம் (பகுதி -2) (முதல் புத்தகம்)	கா. வே. சுப்பிரமணியன்	6 00
*208.	,, (இரண்டாம் புத்தகம்)	,,	4 50
*209.	பொது பௌதிகம்—சிறப்புப்பாடம்	கே. பி. கந்தசாமி	4 50
*210.	இன்றைய பௌதிகம்—சிறப்புப் பாடம்	எம். ஏ. தங்கராஜ்	6 75
*211.	ஒலி நூல்—சிறப்புப் பாடம்	டி. முருகையன்	5 00

வேதியியல் (Chemistry)

*212.	செய்முறைக் கனிம வேதியியல்—துணைப்பாடம்	டாக்டர் முத்துக்குமாரசுவாமி	2 00
*213.	செய்முறைக் கனிம வேதியியல்—சிறப்புப் பாடம்	டி. இராமலிங்கம்	2 25
*214.	பௌதிக வேதியியல்—சிறப்புப்பாடம்—I	டி. சக்திவேலு	4 00
*215.	,, ,, II	,,	3 50
*216.	கனிம வேதியியல்—துணைப்பாடம்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	6 50
*217.	கனிம வேதியியல்—சிறப்புப்பாடம்—I	பி. டி. முனியப்பா	4 00
*218.	,, ,, II	,,	4 25
*219.	பொது பௌதிக வேதியியல்—துணைப்பாடம்	ஆர். துளசிதாஸ்	4 75
*220.	அறிமுறை வேதியியல்—சிறப்புப்பாடம்—I	ஓ. ஆர். சூரியநாராயணன்	4 50
*221.	,, ,, II	,,	3 75
*222.	செய்முறை கரிமவேதியியல்—சிறப்புப்பாடம்	என். ஆறுமுகம்	3 50
*223.	அங்கக வேதியியல்—துணைப் பாடம்	பிஎல். இராமசாமி	5 00

* மூல நூல் (Original Book)

வேதியியல் (தொடர்ச்சி)

			ரூ.	காசு
*224.	அங்கக வேதியியல்-I ...	எம். ஆட்கொண்டான் ...	3	00
*225.	கரிம வேதியியல்—பகுதி-I (இரண்டாம் புத்தகம்) ...	திரு. கி. கண்ணபிரான் ...	4	75
*226.	,, (மூன்றும் புத்தகம்)...	,, ...	3	25
*227.	கரிம வேதியியல்—பகுதி-2 (முதல் புத்தகம்) ...	,, ...	5	75
*228.	,, (இரண்டாம் புத்தகம் ...	,, ...	6	00

கணிதம் (Mathcmetics)

*229.	இயற்கணிதம்—சிறப்புப் பாடம்—I ..	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி ...	4	25
*230.	,, ,, II ...	,, ...	3	25
*231.	தொகுமுறை வரைகணிதம்—சிறப்புப்பாடம்...	ஆர். மகாதேவன் ...	2	00
*232.	எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் ...	எம். எம். இராமசாமி ...	5	50
*233.	திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் ...	வி. அரங்கநாதன் ...	3	25
*234.	கணிதம்—துணைப்பாடம் ...	ஆர். அனுமந்தராவ் ...	6	00
*235.	நிலையியல்—சிறப்புப்பாடம் ...	கே. இராஜகோபாலன் ...	5	00
*236.	முப்பரிமாணப் பகுமுறை வடிவ கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் ...	கே. சிவசுப்பிரமணியன் ...	2	75
*237.	வெக்டர் கணிதமும் அதன் பயன்பாடுகளும்—சிறப்புப்பாடம் ..	ஆர். மகாதேவன் ...	2	00
*238.	கணிதம்—துணைப் பாடம்—பகுதி-2 ...	ஆர். அய்யாசாமி ...	5	75
*239.	வாலியல்—சிறப்புப்பாடம்-(முதல் புத்தகம்)...	திரு. தி. கோவிந்தராசன், திரு. கொ. முத்துசாமி ...	5	50
*240.	,, (இரண்டாம் புத்தகம்)...	,, ...	3	75

*241.	இயக்கவியல்—சிறப்புப் பாடம்	...	ஆர். மகாதேவன், கே. சிவசுப்பிரமணியம், பி. ஆர். சுப்பிரமணியம்	... 7	00
புள்ளியியல் (Statistics)					
*242.	புள்ளியியல்—துணைப்பாடம்	...	எஸ். கருப்பையா	... 3	50
விலங்கியல் (Zoology)					
*243.	முதுகெலும்பற்றவை-1—சிறப்புப் பாடம்	...	ஆர். முருகேசன்	... 6	00
*244.	,, 2 ,,	...	திருமதி எஸ். கே. வள்ளி	... 6	00
*245.	முதுகுநாணுள்ளவை-1—சிறப்புப் பாடம்	...	திருமதி ராணி கந்தசாமி	... 5	00
*246.	,, 2 ,,	...	,,	... 9	75
*247.	முதுகுத் தண்டுள்ளவை-2—சிறப்புப்பாடம்	...	திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	... 11	75
*248.	முதுகெலும்பிகளது கருவியல்—சிறப்புப்பாடம்	...	எஸ். ஆப்ரகாம்	... 9	00
*249.	முதுகெலும்பற்றவை—துணைப் பாடம்	...	என். இராமலிங்கம்	... 9	00
*250.	முதுகுநாணுள்ளவை—துணைப்பாடம்	...	வி. சேது	... 6	00
*251.	செல்லியல்—சிறப்புப் பாடம்	...	என். இராமலிங்கம்	... 5	50
*252.	மரபியல்—சிறப்புப் பாடம்	...	பெ. மா. அண்ணுமலை	... 5	25
*253.	சூழ்நிலையியல்—உடற் செயலியல்—சிறப்புப் பாடம்—I	...	டி. ஆர். கிருஷ்ணன்	... 4	75
*254.	,, ,, II	...	,,	... 6	50
*255.	பரிணுமம்	...	எஸ். ஆப்ரகாம்	... 6	25
தாவரவியல் (Botany)					
*256.	தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப் பாடம்	...	கே. இராஜசேகரன்	... 11	00

*மூல நூல் (Original Book)

			ரூ.	காசு
*257.	தாவரப் புற அமைப்பியல்—சிறப்புப்பாடம் ...	கே. பாலசந்திரகணேசன் ...	9	25
*258.	தாவர உள்ளமைப்பியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு ...	7	25
*259.	தாவரங்களின் வாழ்க்கை—சிறப்புப்பாடம் ...	எஸ். சுந்தரம் ...	9	50
*260.	தாவரவியல்—துணைப்பாடம் ...	பா. இராசாராம் ...	4	50
*261.	தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல், உயிர்மரூஉ இயல், இயங்கியல்—துணைப்பாடம் ...	கே. பெரியசாமி ...	4	00
*262.	சூழ்நிலையியல், பரிணமம், மரபியல்—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. ஆர். பாலசந்திரகணேசன் ...	8	25
*263.	டெரிடோஃபைட்டா, ஜிம்னேஸ்பெர்மே—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. இராஜசேகரன் ..	10	25
*264.	தாலோஃபைட்டா (பாசிகளும் பூஞ்சைகளும்) —சிறப்புப்பாடம் ...	டாக்டர் வே. சோ. சுந்தரலிங்கம் ...	9	00
*265.	தாவர வகைப்பாட்டியல்—சிறப்புப்பாடம் ...	ஆ. சம்பத்குமார் ...	10	50
*266.	பிரையோஃபைட்டா—சிறப்புப் பாடம் ...	கே. இராஜசேகரன் ...	6	00

* மூல நூல் (Original Book)